XA
.R483

Per. 4
Vol. 31
1911

THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PRO SCIENTIA POPULIQUE SALUTE
1891
LIBRARY

GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1897 R.W. Gibson Inv.

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENEVE
VENDU EN 1922

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE
DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1922

Société générale d'imprimerie, Pélisserie, 18

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT SEIZIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME TRENTE ET UNIÈME

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS	LONDRES	NEW-YORK
H. LE SOUDIER	DULAU & Cᵉ	G. E. STECHERT & Cᵉ
174-176, Boulev. St-Germain	37, Soho Square	129-133, W 20th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG ET Cie, à BALE

1911

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE DE GENÈVE
VENDU EN 1922

XA
R483
Per 4
Vol 31
1911

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

ÉTUDE

DE

L'AIMANTATION DES CORPS FERROMAGNÉTIQUES

AU-DESSUS DU POINT DE CURIE

PAR

Pierre WEISS et G. FOËX

L'hypothèse du champ moléculaire[1] a donné le moyen de déduire de la théorie cinétique du paramagnétisme la loi de variation thermique de l'aimantation à saturation. Cette loi a été soumise au contrôle de l'expérience et a été, dans quelques cas, trouvée en accord frappant avec elle. L'état actuel de cette vérification, pour laquelle de nouvelles expériences sont en voie d'exécution, a été résumé dans l'introduction d'un mémoire récent[2].

La même théorie a donné un résultat particulièrement simple relatif aux propriétés des ferromagnétiques aux températures au-dessus de celle de la disparition du ferromagnétisme spontané, ou, comme nous dirons dorénavant, au-dessus du point de Curie. Au-dessus de ce point, le coefficient d'aimantation spécifique χ (susceptibilité rapportée à l'unité de masse) multiplié par l'excès de la température T sur celle[3] du point de Curie Θ est égal à une constante C qui n'est autre que la cons-

AUG 7 - 1923

[1] *J. de Phys.*, 4e s., t. VI, p. 661 ; 1907.

[2] Pierre Weiss et H. Kamerlingh Onnes. *J. de Phys.*, 4e s., t. X, p. 555; 1910, et *Archives des sc. phys. et nat.*, t. XXX, pp. 341 et 449; 1910.

[3] Nous désignons par T et Θ les températures absolues, par t et θ celles de l'échelle ordinaire.

tante de Curie qu'aurait la substance si, par la suppression des actions mutuelles entre les mollécules, elle était devenue paramagnétique.

$$\chi(T-\Theta) = C \tag{1}$$

Dans le mémoire cité ci-dessus[1] une première vérification tirée des expériences de Curie sur le fer a été indiquée. La variation hyperbolique de la susceptibilité en fonction de la température T-Θ, qui avait échappé à Curie, est exactement réalisée. La même remarque aurait pu être faite sur les expériences de Curie sur le nickel et la magnétite, considérées dans des intervalles de température relativement étendus.

Le présent travail a été entrepris pour multiplier les déterminations expérimentales dans cette région du ferromagnétisme sollicité par un champ extérieur et, si possible, d'en augmenter suffisamment la précision pour marquer la limite de validité de la théorie. A ce dernier point de vue la possibilité, déjà signalée précédemment, de déduire de l'expérience le nombre d'atomes dans la molécule (ou, pour parler un langage moins imagé, le nombre d'atomes possédant ensemble l'énergie cinétique de rotation correspondant à deux degrés de liberté) mérite de retenir l'attention. Si la théorie est exacte, plus les données sur lesquelles repose cette détermination seront précises, plus le résultat se rapprochera d'un nombre entier. Les matériaux abondants, contenus dans le présent mémoire, seront utilisés à ce point de vue dans des publications ultérieures.

L'intérêt de la détermination de la constante C de l'équation (1) tient encore à la manière directe dont sa connaissance est liée à celle du champ moléculaire. L'équation

$$H_m = NI \tag{2}$$

qui est l'expression de l'hypothèse fondamentale, introduit la proportionnalité du champ moléculaire H_m à l'intensité d'aimantation I au moyen du coefficient N, lequel figure aussi dans la relation donnée par la théorie :

$$C.N.D. = \Theta \tag{3}$$

où D représente la densité.

[1] *J. de phys.*, 4e s., t. VI, p. 685; 1907.

Méthode de mesure. — La méthode de mesure employée dérive du même principe que celle dont Curie s'est servi dans son Etude des Propropriétés magnétiques des Corps à diverses Températures[1]. Elle consiste à déduire le coefficient d'aimantation spécifique d'un corps de la force qu'exerce sur lui un champ magnétique non-uniforme. On dispose l'expérience de façon que cette force ait un maximum en un certain point du champ. En plaçant le corps en ce point on s'affranchit de la cause d'erreur consistant dans les petites variations de la position relative du corps et de l'aimant.

Soit m la masse d'un corps dont le coefficient d'aimantation spécifique est χ, placé en un point où l'intensité du champ magnétique est H et où la dérivée du champ dans la direction où le corps est libre de se mouvoir par rapport à l'aimant est $\frac{\partial H}{\partial x}$. Le moment magnétique de la substance est $m.\chi.H$, et la force qu'elle éprouve de la part de l'aimant dans la direction des x est : $m\chi H\frac{\partial H}{\partial x}$

Pour déduire χ de cette force on peut, comme l'a fait Curie, mesurer H et $\frac{\partial H}{\partial x}$ en valeur absolue. Mais il est plus commode de procéder par comparaison et d'amener au maximum d'attraction une masse connue d'un corps de coefficient d'aimantation connu et de mesurer la force que l'aimant exerce sur lui. Le rapport des deux forces donnera le rapport des moments magnétiques des deux corps et par suite le rapport des coefficients d'aimantation.

C'est à cette dernière méthode que nous nous sommes arrêtés. Elle exige deux séries d'opérations entièrement disdistinctes :

1° la mesure en valeur absolue du coefficient d'aimantation de corps types.

2° les mesures proprement dites sur les diverses substances ferromagnétiques.

[1] P. Curie. *Ann. Chim. Phys.*, 7e s., t. V, p. 289 ; 1895. — *Œuvres*, p. 232.

PREMIÈRE PARTIE

Mesure de coefficients d'aimantation de corps types

Nous avons déterminé les coefficients d'aimantation de deux solutions de nitrate de nickel et d'une solution de nitrate de cobalt par la méthode bien connue de l'ascension du liquide dans la branche d'un tube communiquant placée dans un champ magnétique, qui a été imaginée par Quincke. Les appareils sont représentés dans la fig. 1. Un cristallisoir de 10 cm. de diamètre contient la solution. Il en part un tube de deux millimètres de diamètre intérieur qui, d'abord recourbé en siphon, se termine par une branche verticale, placée dans le champ d'un électroaimant. Ce champ, obtenu avec des pièces polaires planes de 9 cm. de diamètre, écartés de 7 mm., est sensiblement uniforme dans une étendue de 3 à 4 cm. de diamètre.

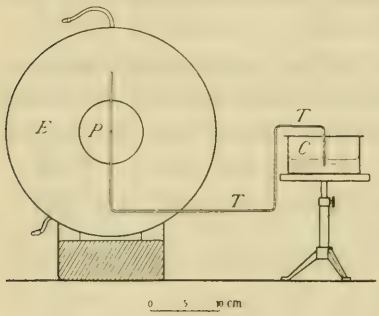


Fig. 1

On s'arrange de façon que le niveau du liquide soit au centre du champ quand l'aimant est excité. On mesure la dénivellation qui se produit au moment de l'établissement du champ au moyen du cathétomètre, ce qui est rendu facile par la forte coloration des liquides.

Soient χ le coefficient d'aimantation du liquide,

H et H′ les champs magnétiques à la surface du liquide dans le tube et dans le cristallisoir,

s et S les sections de ceux-ci,

δ la dénivellation, on a :

$$\chi(H^2 - H'^2) = 2\delta \frac{S + s}{S} g \qquad (4)$$

Ici $(S - s) : S = 1{,}0004$, donc très voisin de l'unité. De plus le cristallisoir est assez éloigné de l'aimant pour que H'^2 soit tout

à fait négligeable vis-à-vis de H^2. H était voisin de 16,000 g. alors que H′ ne valait que 25 g.

On obtient ainsi le coefficient d'aimantation apparent dans l'air. C'est aussi celui qui intervient dans l'emploi qui sera fait de ces solutions. La correction à faire pour ramener χ au vide serait inférieure à 1/200 de sa valeur.

Solutions. — Le nitrate de nickel et le nitrate de cobalt ont été préférés à d'autres sels parce qu'ils joignent à une grande solubilité un coefficient d'aimantation assez élevé. De plus ils sont inaltérables à l'air et peuvent se conserver longtemps en solution. Ces sels purs (Kahlbaum) ont été dissous dans de l'eau distillée en quantités telles que les solutions, tout en étant concentrées, n'abandonassent pas de cristaux, par refroidissement de quelques degrés. Les mesures ont toujours été faites en opérant sur toute la solution à la fois (2 à 300 cm.)

Tube à ascension. — Le tube a été calibré sur une certaine longueur par la méthode de la goutte de mercure. On a pu trouver de cette façon une région longue de 2,5 cm. où le diamètre du tube est très constant. C'est dans cette région que nous avons opéré pour éviter les erreurs provenant des variations de l'ascension capillaire.

Tous les ustensiles en verre ont été lavés à l'acide chromique, à la potasse, puis rincés avec de l'eau et avec la solution elle-même. A chaque expérience le tube était mouillé en aspirant la solution jusqu'au-dessus du niveau auquel elle s'arrêtait quand l'aimant était excité.

Champ magnétique. — Pour se mettre à l'abri d'une influence possible de l'aimantation résiduelle de l'électro-aimant on a pris soin de faire tant les mesures du champ que celles de l'ascension du liquide pour deux valeurs égales et de signe contraire du courant d'excitation.

Les mesures du champ ont été faites avec la balance magnétique absolue de M. A. Cotton, dont l'élément de courant inférieur était placé au centre de la région uniforme du champ. La correction due à l'élément de courant supérieur a été faite. Les courants envoyés dans la balance ont été mesurés avec un ampère-mètre Siemens et Halske, comparé avec un autre ampère-mètre étalonné à l'aide d'un élément Weston, d'un

ohm contrôlé à l'Institut physico-technique de Charlottenburg et du potentiomètre.

Résultats (tous les coefficients d'aimantation sont ramenés à la température de 13° au moyen de la loi de Curie).

Solution N° 1 de nitrate de nickel

Champ pour un courant de 15 ampères 15,907 g.

Courant	Hauteur lue au cathétomètre	Ascension
0	589,05	
+ 15 amp.	601,25	12,20 mm.
0	589,05	
— 15	601,25	12,20
0	589,05	
+ 15	601,25	12,20

$$\chi = 9,45.10^{-6}$$

Champ pour un courant de 20 ampères 16,810 g.

Courant	Hauteur lue au cathétomètre	Ascension
0	589,05	
+ 20 amp.	602,60	13,55 mm.
0	589,05	
— 20	602,60	13,55
0	589,05	
+ 20	602,65	13,60
0	589,05	
— 20	602,65	13,60

$$\chi = 9,43.10^{-6}$$

En moyenne :

$$\chi = \underline{9,44.10^{-6}}$$

Solution N° 2 de nitrate de nickel
(autre électro-aimant)

Champ pour un courant de 15 ampères 16,080 g.

Température	Ascension	Coeff. d'aimant à 13°
16°0	7,85 mm.	6,05.10⁻⁶
16°0	7,85	
13°2	7,90	6,01.10⁻⁶
13°2	7,95	
13°0	7,90	
13°0	7,95	

Champ pour un courant de 20 ampères : 16,910 g.

Température	Ascension	Coeff. d'aimant à 13°
12°2	8,70 mm.	5,97.10 $^{-6}$
12°2	8,75	

En moyenne $\chi = 6{,}01.10^{-6}$ pour la solution N° 2 de nitrate de nickel.

Solution N° 3 de nitrate de cobalt, H = 16,080.

Température	Ascension	Coeff. d'aimant à 13°
12°5	19,00 mm.	$14{,}40.10^{-6}$
13°0	18,95	14,39.10 $^{-6}$

En moyenne $\chi = 14{,}40.10^{-6}$.

Pour avoir une vérification, nous avons comparé les diverses solutions entre elles dans l'appareil de mesure des coefficients d'aimantation qui sera décrit plus loin. L'appareil, étalonné au moyen de la première ampoule contenant la solution n° 2, a servi à déterminer, par plusieurs mesures dont on a pris la moyenne, les nombres de l'avant-dernière colonne. Ceux de la dernière sont les résultats de la méthode d'ascension.

Solution	Masse	Courant de compensation	Coeff. d'aimantation trouvé par comparaison	Coeff. d'aimantation trouvé directement
N° 2	0,1810 gr.	0,8638 amp.	—	$6{,}01.10^{-6}$
N° 2	0,522	2,500	6,03.10	$6{,}01.10^{-6}$
N° 1	0,6512	4,96	9,59.10	$9{,}44.10^{-6}$
N° 3	0,1574	1,811	14,48.10	$14{,}40.10^{-6}$

Les nombres de l'avant-dernière colonne concordent avec ceux de la dernière dans la mesure où l'on pouvait l'attendre pour des observations en général exactes à moins de 1 p. cent près. La divergence un peu plus grande de la troisième ligne provient sans doute d'erreurs notables dans la température.

La petitesse de l'influence de l'air est l'un des avantages de l'étalonnement fait avec des substances de grand coefficient d'aimantation spécifique. Cet avantage s'accentue encore pour les substances de forte densité sur lesquelles ont porté les mesures définitives. De même la correction du magnétisme du support est souvent tout à fait insensible.

Coefficient d'aimantation d'une substance étalon. Nous avons saisi l'occasion offerte par notre appareil étalonné en valeur

absolue pour déterminer le coefficient d'aimantation d'une substance type pouvant servir de repère dans des mesures magnétiques ultérieures. Le sulfate de cobalt nous a paru satisfaire à toutes les conditions que doit remplir une telle substance : il a une susceptibilité élevée (plus élevée que les sels de nickel), il est facile à obtenir suffisamment pur et ne s'altère pas comme les sels de fer. Nous avons fait deux séries de mesures sur ce sel à l'état solide. L'une a porté sur le sel anhydre, l'autre sur le sel cristallisé à sept molécules d'eau.

Le sulfate de cobalt anhydre a été obtenu en chauffant le sel (pur, Kahlbaum) avec de l'acide sulfurique jusqu'à ce que les vapeurs blanches caractéristiques de l'acide sulfurique aient complètement cessé de se produire. La poudre ainsi préparée a été enfermée encore toute chaude dans une ampoule de verre qui a été immédiatement scellée à la lampe et qui a servi aux mesures.

La constante de l'appareil, pour un champ produit par un courant de 15,00 amp., a été déterminée au moyen de deux ampoules contenant la solution n° 2. Le coefficient d'aimantation est donné par la formule [1] :

$$\chi = 1{,}226.10^{-6}\,\frac{I}{m}$$

Avec un premier échantillon de sulfate de cobalt nous avons trouvé :

$$I = 7{,}96 \text{ amp. pour } m = 0{,}1675 \text{ g.}$$

et par suite :

$$\chi = 58{,}3.10^{-6} \text{ à } 20^\circ$$

Une deuxième préparation a donné :

$$I = 5.92 \text{ amp. pour } m = 0{,}1232 \text{ g.}$$

et

$$\chi = 58{,}9.10^{-6} \text{ à } 20^\circ$$

En moyenne :

$$= 58{,}6.10^{-6}$$

Le sulfate de cobalt à 7 molécules d'eau (pur, Kahlbaum) a été réduit en poudre et enfermé dans une petite ampoule. Pour $m = 1{,}355$ g. on a trouvé : $I = 3{,}532$, d'où :

$$= 31{,}9.10^{-6} \text{ à } 20^\circ$$

[1] Voir p. 14 du présent mémoire.

En multipliant ce nombre par le rapport

$$\frac{SO_4Co + 7H_2O}{SO_4Co} = \frac{281}{155}$$

on trouve :

$$= 58{,}0.10^{-6}$$

nombre qui concorde avec la valeur trouvée directement pour le cobalt anhydre dans la limite de précision des expériences, surtout si l'on tient compte de la difficulté de se débarrasser complètement de l'eau d'interposition.

Le nombre donné par M. Meslin[1] pour le sulfate de cobalt est de 24 % plus grand que celui-là (39,7 au lieu de 31,9). Il est difficile de savoir à quoi tient un pareil écart. Il est trop grand pour être attribuable à des erreurs d'étalonnement. Nous pensons plutôt qu'il s'agit de différences réelles entre les coefficients de sels solides ayant subi des traitements différents. L'emploi du sulfate de cobalt anhydre comme substance étalon doit donc être différé jusqu'à ce que ses propriétés aient été complètement élucidées par de nouvelles déterminations.

DEUXIÈME PARTIE

Mesures sur les substances ferromagnétiques

La fig. 2 représente, vues d'en haut, les parties essentielles de l'appareil pour la comparaison des coefficients d'aimantation. Les noyaux E E de l'électro-aimant A A se terminent par des cônes qui ont été tronqués par des plans inclinés sur l'axe. On a réalisé ainsi un entrefer de même forme que celui des expériences classiques de Curie. Le champ non uniforme a pour effet d'attirer la substance c vers l'axe de l'aimant. Tant que la substance a une susceptibilité indépendante du champ, la position pour la-

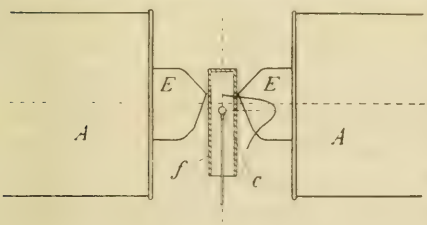


Fig. 2

[1] *Ann. Chim. Phys.*, 8e s. t. VII, févr. 1906.
[2] *Sitz. Akad. Wien*,, t. CVIII. II. juillet 1899.

quelle la force est maximum est pratiquement invariable, quel que soit le courant. Comme le montre la courbe dessinée dans la fig. 2, qui représente cette attraction en fonction de la distance à l'axe de l'aimant, ce maximum est assez plat pour que l'on puisse, sans erreur de quelque importance, employer des corps d'étendue assez différente.

La comparaison des attraction se fait par une méthode de zéro : on équilibre l'action du champ magnétique sur la substance par la répulsion électromagnétique de deux bobines coaxiales, fig. 3, dont l'une B est fixe et l'autre calée sur le fléau qui supporte la substance dans le champ. Le produit des courants circulant dans les deux bobines au moment où l'équilibre est établi, donne une mesure de la force et par suite du produit de la masse par le coefficient d'aimantation du corps. Soient I et i les courants dans les deux bobines, m la masse, le coefficient d'aimantation sera :

$$\chi = B\frac{I.i}{m} = A\frac{I}{m} \tag{5}$$

Un étalonnement de l'appareil donnera A qui est la seule constante instrumentale à connaître, lorsque le courant dans la bobine mobile est choisi une fois pour toutes. pour une même série d'expériences.

Aimant. Un électro-aimant Ruhmkorff A pouvant supporter jusqu'à 25 ampères donne, avec l'entre-fer adopté, des champs de 4 à 5000 g. La plupart des expériences ont été faites avec un champ de 2130 g. L'aimant est monté sur un chariot D, muni de roulettes à gorges qui reposent sur deux rails parallèles. Une manivelle actionnant une vis permet de faire mouvoir l'aimant par rapport à la substance pour rechercher le maximum d'attraction. Un cercle divisé calé sur la vis sert à repérer la position de l'aimant. Le circuit de l'aimant comprend un ampère-mètre de précision et deux rhéostats de résistance très différente montés en parallèle qui permettent un réglage très exact du courant.

Suspension de la substance dans le champ magnétique. Le corps est couché dans une petite coupelle hémisphérique en platine, représentée en *c* dans la fig. 2. Cette coupelle est portée par un tube fendu suivant deux génératrices opposées. Dans

ce tube entre à frottement dur un autre tube, en silice fondue, de 30 cm. de longueur et de 2 mm. de diamètre. Ce tube lui-même est suspendu horizontalement dans le plan de symétrie de l'aimant et peut osciller dans ce plan.

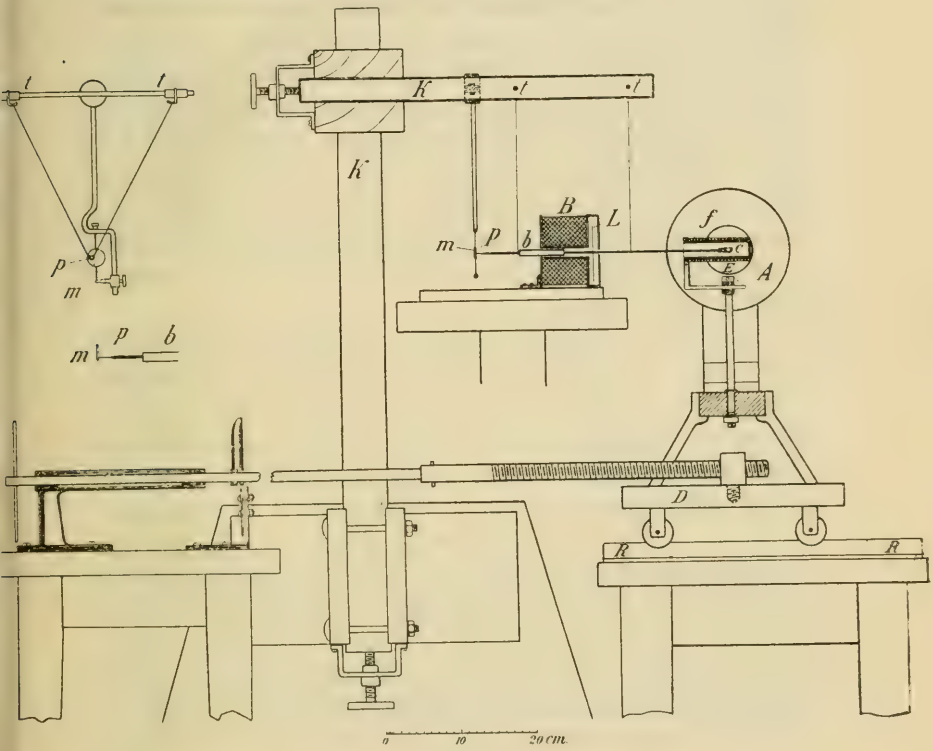


Fig. 3

La potence K (fig. 3), fixée à un pilier en maçonnerie indépendant du plancher du laboratoire, porte le tube au moyen de quatre rubans de cuivre argenté très minces (largeur 1 mm., longueur 220 mm.), attachés en *t, t* aux extrémités de deux tiges transversales en laiton et qui convergent en forme de V, pour aller se fixer à deux anneaux de cuivre montés sur le tube.

Ce mode de suspension a de grands avantages. Il supprime entièrement les déplacements latéraux de la substance dans le champ magnétique, il est plus robuste que les appareils à torsion et, par la facilité avec laquelle il se prête à l'emploi du

dispositif de compensation électro-magnétique, permet de supprimer les causes d'erreur signalées par Meslin et provenant des trépidations et des changements de zéro.

Enfin, l'appareil peut être employé comme appareil à déviation à la façon d'un pendule. Il suffit pour cela de fixer un miroir sur l'une des paires de rubans de suspension. C'est avec cette disposition qu'ont été faites les expériences préliminaires.

Dispositif de compensation. La compensation de l'attraction de l'aimant sur la substance est obtenue au moyen de deux bobines coaxiales B et *b*, dont l'une, calée sur le tube, pénètre dans l'autre qui est fixe. Le centre de chacune des bobines coïncide avec l'une des extrémités de l'autre de manière à diminuer le plus possible les changements de constante dus à un petit déplacement relatif.

La bobine *b* a été faite en enroulant une seule couche de fil de 0,25 mm. sur un tube de verre très mince de 7 mm. de diamètre. Elle a 6 cm. de long et porte 150 tours de fil. Le fil recouvert de soie qu'on avait employé d'abord présentait des traces de ferromagnétisme, se manifestant notamment par un certain magnétisme rémanent; il a été remplacé avec avantage par du fil émaillé. Le courant est amené à cette bobine par l'une des paires de fils de suspension et ressort par l'autre. Le courant dans la bobine mobile a été de 0,01 à 0,02 amp. La bobine fixe B est formée de 350 tours d'un gros fil pouvant supporter jusqu'à 15 amp. et occupant une longueur de 6 cm.

Appareil de lectures. Pour repérer la position d'équilibre du tube de quartz on l'a terminé par une pointe i qui vient buter excentriquement contre un miroir m, porté par une lame tendue en bronze phosphoreux. La méthode ordinaire de lecture des déviations du miroir amplifie donc considérablement les déplacements du tube et donne toute la sensibilité désirable. Pour éviter les frottements entre la pointe et le miroir, on a collé sur le dos de celui-ci un morceau de lamelle de couvre-objet de microscope et l'on a arrondi en la fondant la pointe effilée qui termine le tube de silice. On obtient de cette façon une constance absolue du zéro. L'appareil est complété par un amortisseur à air L.

Obtention et mesure des températures élevées. — La substance

est chauffée au moyen d'un four électrique *f*, invariablement lié à l'aimant. Il est formé d'une carcasse cylindrique en nickel. fermée à une extrémité, servant à uniformiser la température. Elle a 2 cm. de diamètre, 9 cm. de longueur et 0,2 cm. d'épaisseur, et porte deux couches de fil de nickel de 1 mm., isolé à l'amiante. Le tout est noyé dans du kaolin qui sert d'isolant thermique.

Ce four s'est montré suffisant au point de vue de l'uniformité de la température, ainsi qu'il résulte du tableau suivant, résumant l'étude qui en a été faite pour une température voisine de 900°.

Distances à la bouche	Microvolts du couple platine-platine rhodié
1 cm.	5580
2	7360
3	7985
4	8307
5	8466
6	8508
7	8446
8	8268
8,5	8150

10 microvolts correspondant environ à 1°, on peut déduire de ces nombres qu'il existe un maximum allongé de température dans le voisinage duquel les fluctuations ne dépassent pas 2° dans un intervalle de 1 cm.

Dans une section perpendiculaire à l'axe du four la constance de la température est encore plus satisfaisante :

Distance à la paroi supérieure	Microvolts
0 mm.	8564
2	8543
4	8539
9 (axe)	8530
16	8544
18 (paroi inférieure)	8569

Le maximum de température sur l'axe du four se trouve exactement à 6,2 cm. de la bouche. C'est en ce point qu'ont été placés le corps étudié et la soudure du couple thermoélectrique. A cet effet le four a été fixé sur l'aimant de manière à

faire coïncider le maximum d'attraction avec le maximum de température.

Ce four n'a pas d'action sensible sur le champ magnétique : les deux couches de fil de nickel sont enroulées en sens contraire et, d'autre part, aux températures où l'on opère, le tube de nickel a perdu ses propriétés fortement magnétiques.

La mesure des températures se fait au moyen d'un couple platine-platine rhodié qui a été étalonné plusieurs fois à l'aide des points fixes de Holborn et Day. Les forces électromotrices de ce couple sont mesurées au potentiomètre, en prenant comme élément de comparaison un Weston.

Étalonnement. L'appareil a été étalonné au moyen de deux ampoules différentes contenant de la solution n° 2 de nitrate de nickel dont la susceptibilité avait été déterminée avec le plus de soin.

L'électro-aimant n'est pas très éloignée de la bobine mobile. Même lorsqu'on prend la précaution de n'y faire passer que des courants de faible intensité, la force qu'elle éprouve directement de la part de l'aimant est comparable à celle qu'il exerce sur la substance On s'en affranchit en faisant deux observations dans lesquelles le courant dans la bobine mobile garde la même valeur et pour lesquelles le sens du courant est changé dans les deux bobines à la fois. Soient I_1 et I_2 les deux valeurs du courant dans la bobine fixe, leur somme I est introduite dans les calculs. La valeur constante du courant dans la bobine mobile a été 0.01980 amp.

Solution N. 2 de nitrate de nickel.

$$\chi = 6{,}01.10^{-6} \text{ à } 13^{\circ}. \text{ temp. } 20^{\circ}.$$

Ampoule contenant 0,1810 g. de solution.

I_1	I_2	I
1,0420 amp.	— 0,1810 amp.	0,8610 amp.
1,0425	— 0,1761	0,8664
1,0341	— 0,1696	0,8645
1,0351	— 0,1718	0,8633
	Moyenne :	0,8638

La constante de l'appareil, c'est-à-dire le nombre par lequel

il faut multiplier I pour obtenir le coefficient d'aimantation est :

$$A = 1{,}229.10^{-6}$$

Même solution. ampoule contenant 0,522 g. temp. 20°

I_1	I_2	I
1,895 amp.	0,608 amp.	2,503 amp.
1,922	0,538	2,505
1,916	0,583	2,498
	Moyenne :	2,502

$$A = 1{,}223.10^{-6}$$

Moyenne :

$$A = 1{,}226.10^{-6}$$

A chaque nouvelle substance, l'appareil a été réétalonné au moyen de l'ampoule de 0,522 g. de la solution N° 2. Les résultats ont toujours été assez voisins de celui du premier étalonnement.

Les nombres qui précèdent montrent que l'on peut faire varier dans d'assez larges limites la quantité de substance employée. grâce à la souplesse du dispositif de compensation électrodynamique, qui permet de mesurer des forces de grandeurs très différentes. Ils montrent aussi que la région d'attraction maxima est suffisamment étendue pour qu'il ne résulte aucune erreur appréciable de l'emploi de corps de volumes très divers.

Les mesures proprement dites ont été faites de la même manière que les étalonnements. Un certain nombre de renseignements complémentaires sur des variantes expérimentales seront donnés au fur et à mesure de la description des résultats.

(A suivre)

APPLICATION

DU

PRINCIPE D'ARCHIMÈDE

A LA

Détermination exacte des densités gazeuses

PAR

A. JAQUEROD et M. TOURPAÏAN

L'idée d'appliquer à la détermination des densités gazeuses le principe d'Archimède, qui fournit des résultats si exacts lorsqu'on opère avec des liquides, n'est pas nouvelle [1]; mais on ne l'appliquait guère jusqu'ici qu'à des expériences de cours, et nous n'avons pas connaissance de mesures de précisions basées sur ce principe.

La méthode hydrostatique offre cependant sur la méthode ordinaire du ballon de précieux avantages: elle permet notamment de supprimer complètement la pompe à mercure, et par suite la correction due à la variation de volume du ballon; elle évite tout contact du corps pesé avec l'eau, la glace, les mains de l'opérateur, etc.. et élimine ainsi les variations de poids qui en résultent forcément; elle permet au besoin de se passer complètement de robinet, dont la graisse est une source d'impureté inévitable, notamment lorsqu'il s'agit de gaz corrosifs; elle réduit, enfin, au minimum les manipulations nécessaires, puisque, l'appareil une fois monté, et si tout fonctionne normale-

[1] Voir: Lux, *Zeitschr. f. Instr. Kunde,* 1885, p. 411; 1886, p. 255; *Zeitschr. f. anal. Chem.,* 1886, 25, p. 3, et Lommel, *Zeitschr. f. Instr. K.,* 1886, p. 109; *Wied. Ann.,* 1886, 27, p. 144.

ment, on n'a plus qu'à remplacer un gaz par un autre et à changer les poids qui équilibrent la balance.

La principale difficulté provient de la facilité avec laquelle l'air extérieur s'introduit dans le récipient renfermant le gaz en expérience, le principe même exigeant une libre communication avec l'atmosphère. Il semble même à première vue que cette diffusion rende impossible la détermination de la densité d'un gaz plus léger que l'air. On verra pourtant que nous sommes parvenus à éviter entièrement les effets fâcheux de cette diffusion, et que, moyennant certaines précautions, les pesées ont pu même être effectuées dans l'hydrogène.

Un autre inconvénient de la méthode est d'exiger une quantité assez considérable de gaz pur, 8 à 10 litres au moins, sous forme d'un courant lent et régulier; elle ne sera donc jamais applicable à des gaz rares ou difficiles à préparer. Mais les procédés de la technique moderne, notamment l'emploi de gaz liquéfiés, permettent néanmoins de l'utiliser dans la plupart des cas.

L'appareil employé, tel qu'il sera décrit dans les pages suivantes, sera susceptible d'autres applications; nul doute qu'il ne fournisse d'excellents résultats dans la mesure de densité de vapeurs, par exemple. De plus, et nous l'avons déjà utilisé dans ce but, il permet la détermination rapide du coefficient de dilatation d'un gaz à pression rigoureusement constante, et sans espace nuisible. Enfin, il pourrait rendre des services comme thermomètre à gaz.

La détermination d'un poids spécifique par la méthode hydrostatique exige la connaissance de la poussée absolue exercée par le fluide sur un corps donné, c'est-à-dire la différence entre les poids apparents d'un flotteur pesé successivement dans le vide et dans le fluide en question. La pesée directe du flotteur dans le vide étant impossible dans notre cas pour des raisons d'ordre pratique, c'est la différence de deux poussées que nous avons observée, le flotteur étant plongé successivement dans le gaz à étudier et dans un gaz de densité très bien connue. Comme gaz de comparaison, nous nous sommes adressés en première ligne à l'oxygène, facile à obtenir pur, et dont la masse du litre normal a fait l'objet d'un grand nombre de

recherches, la valeur 1.4290 gr. étant actuellement la plus probable, et certainement exacte à $\frac{1}{10000}$ près; on verra d'ailleurs que nos mesures confirment entièrement le nombre ci-dessus.

Nous avons également utilisé, comme gaz de comparaison, l'hydrogène en adoptant pour masse du litre normal de ce gaz la valeur obtenue par Morley, soit 0.08987 gr. La poussée étant très faible, la pesée dans l'hydrogène a le grand avantage d'être à peu près équivalente à une pesée dans le vide, ler erreurs sur la pression et la température ayant une influence absolument négligeable.

Le présent mémoire contient l'exposé d'expériences entreprises en vue d'étudier la méthode, et de comparer entre eux les résultats obtenus avec l'oxygène et l'hydrogène concernant la tare du flotteur dans le vide. Les résultats ayant été absolument concordants, nous n'avons plus eu recours, dans des déterminations subséquentes, qu'à l'oxygène, gaz avec lequel les manipulation sont particulièrement aisées.

Nous y avons joint les résultats d'une série de mesures destinées à fixer la valeur du coefficient de dilatation de l'oxygène, à pression constante, entre 10 et 37 degrés environ.

Description des appareils

L'appareil hydrostatique proprement dit se compose d'une ampoule (fig. 1) en verre, A, de forme cylindrique, terminée à la partie supérieure par un crochet permettant de la suspendre à la balance par l'intermédiaire d'un fil de platine de 0,2 mm de diamètre environ. Cette ampoule peut se mouvoir librement à l'intérieur d'un cylindre de diamètre légèrement plus grand, L, étiré à ses deux extrémités, et terminé par deux tubes capillaires. Le tube inférieur, T, sert à l'admission et le tube supérieur, *t*, à l'échappement du gaz; ce dernier livre aussi passage au fil de platine qui supporte l'ampoule. Le tout est fixé au centre d'un récipient en zinc, rempli d'eau, vissé à deux barres de fer scellées dans le mur, et qui ne sont pas représentées sur la figure. Un collier muni de 3 vis calantes permet le réglage définitif, un peu délicat; il faut, en effet, que le fil de platine soit situé exactement dans l'axe du tube capillaire, afin d'éviter tout frot-

tement. L'eau du bain servant de thermostat est brassée au moyen d'un agitateur approprié. Nous avons souvent employé un courant d'acide carbonique provenant d'une bonbonne et conduit par un tube de verre au fond du cylindre de zinc. Un thermomètre Baudin, très soigneusement étudié et donnant le $^1/_{100}$ de degré par estimation, est plongé dans le thermostat.

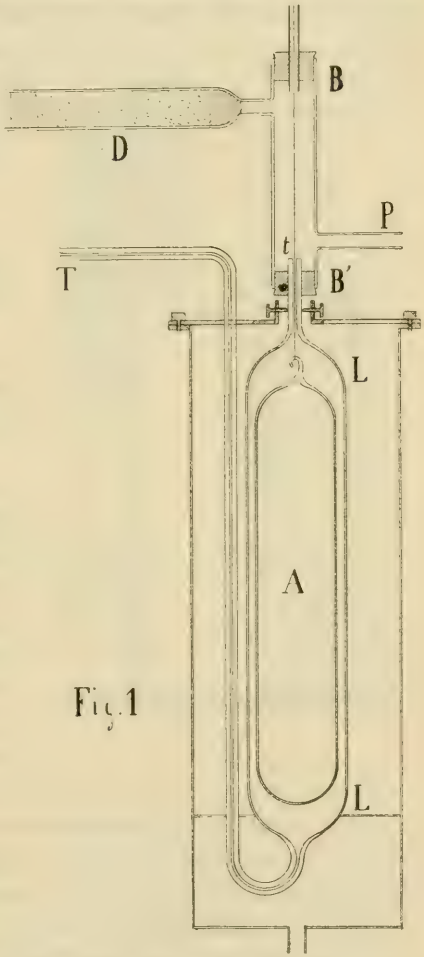


Fig. 1

La balance est placée à 30 cm. environ au-dessus de l'appareil hydrostatique, sur une forte planche reposant sur des équerres scellées dans le mur. Des orifices appropriés permettent le passage du fil de platine; celui-ci est protégé par des tubes de verre, sur toute sa longueur, de la poussière et des courants d'air; une plaque de verre, A (fig. 2), percée d'un trou de 1 $^1/_2$ mm. de diamètre, ferme la cage de la balance aussi bien que possible.

Le tube B B (fig. 1) n'a été utilisé que plus tard, lors d'expériences effectuées sur le chlore et le fluorure de silicium. Ces deux gaz corrosifs étant susceptibles de détériorer la balance, étaient aspirés au fur et à mesure de leur sortie du tube capillaire *t*, par une trompe à eau, située dans la salle voisine et reliée au moyen d'un tube de plomb à la tubulure P. De l'air desséché sur du chlorure de calcium contenu

dans le tube D remplaçait au fur et à mesure celui éliminé par la trompe.

Les plateaux primitifs de la balance ont été enlevés et remplacés par de petits plateaux en aluminium, P P′ (fig. 2), percés dans leur centre d'un orifice destiné à livrer passage au fil de platine. Pour équilibrer le flotteur suspendu à droite, nous nous sommes servis d'une petite ampoule C, lestée avec de la

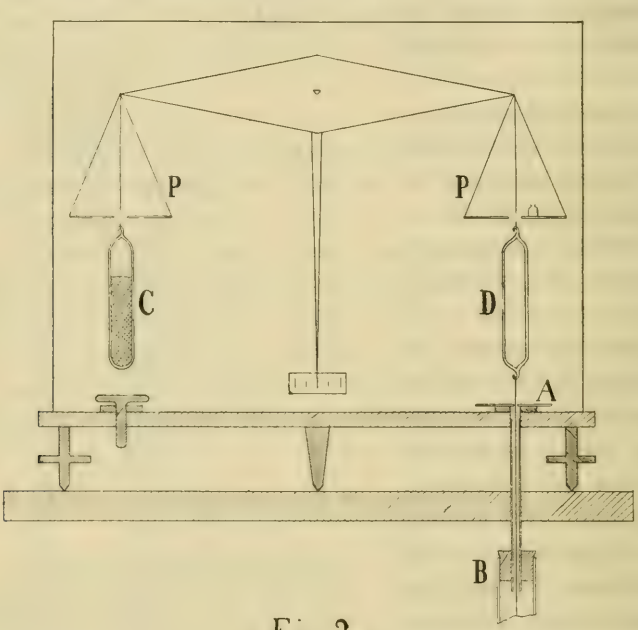


Fig. 2

grenaille ; l'effet de la poussée de l'air sur cette ampoule fut équilibré au moyen d'une seconde ampoule D, dont le volume était le même à 0.1 cc. près. Les variations de pression barométrique et de température n'avaient par suite aucun effet sur la partie de l'appareil contenue dans la cage de la balance, sauf, bien entendu, sur les poids marqués, pour lesquels la correction a été faite comme de coutume. Les poids marqués ont toujours été placés sur le plateau de droite, c'est-à-dire du même côté que le flotteur, de façon à éliminer les erreurs de construction de la balance.

La balance utilisée est une «Sartorius» du type ordinaire,

indiquée comme sensible au dixième de milligramme ; la position d'équilibre de l'aiguille était déterminée par la méthode des oscillations, en observant l'aiguile à l'aide d'une lunette placée à deux mètres de distance, et le mode de faire adopté, décrit plus bas, nous a permis d'obtenir sur les moyennes, pour les pesées faites dans de bonnes conditions, une précision de 2 à 3 centièmes de milligrammes.

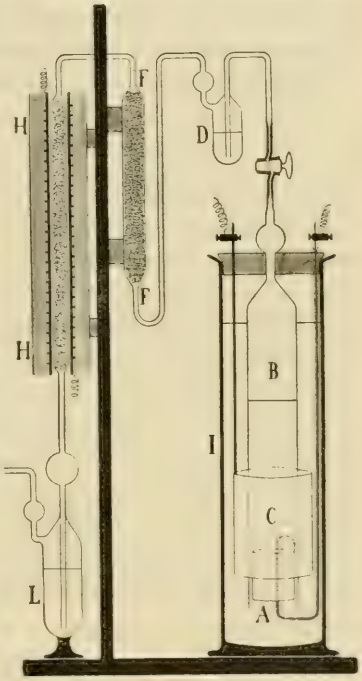


Fig. 3

Comme *poids*, nous avons employé une série de 1 à 50 gr. en laiton doré, fractions de gramme en platine et aluminium, qui ont été soigneusement étalonnés par comparaison entre eux, et par comparaison avec une série de poids de quartz munie d'un certificat du « Reichsanstalt ». Le cavalier, construit en fil d'aluminium, a été ajusté spécialement et comparé à diverses reprises. Des poids supplémentaires en laiton nickelé, de 100 à 200 grammes, utilisés pour le calibrage des flotteurs conjointement aux premiers, leur ont été, cela va sans dire, comparés au préalable.

Le *baromètre* dont nous nous sommes servis est un instrument de laboratoire ordinaire, à cuvette et gradué sur laiton, muni d'un vernier permettant d'estimer le $\frac{1}{20}$ de mm. ; il est fixé solidement contre le mur d'une salle voisine de celle dans laquelle se font les pesées. Nous l'avons à plusieurs reprises comparées à deux baromètres normaux, construits dans ce laboratorium pour des besoins spéciaux. Moyennant que l'on fît la correction capillaire et, naturellement, la correction de température, ses indications ont toujours été trouvées correctes à quelques centièmes de mm. près, c'est-à-dire dans les limites d'erreurs d'observations.

La cuvette du baromètre en question se trouvait à un niveau inférieur de 40 cm. à celui du centre de notre ampoule hydrostatique. Il en résulterait sur la poussée d'un gaz une correction, très faible d'ailleurs; mais l'intensité de la pesanteur étant dans ce laboratoirs 1.00007 nécessiterait une correction précisément de sens opposé, et à très peu près égale. Nous avons considéré les deux corrections comme s'annulant réciproquement.

Calibrage des flotteurs

La partie essentielle de l'appareil hydrostatique est le flotteur, dont le volume doit être connu très exactement. Nous en avons employés deux, que nous désignerons par A et B. Le premier, A, de 25 cm. de longueur sur 3 cm. de diamètre, nous a servi pour les expériences préliminaires et pour la comparaison de l'oxygène et de l'hydrogène. Il a été cassé accidentellement et remplacé par un autre, B, de 32 cm. de longueur sur 4,4 cm. de diamètre, qui a été utilisé pour l'étude de la dilatation de l'oxygène et pour la détermination de la densité du chlore et du tétrafluorure de siliciane, qui sera publiée ailleurs.

Ces flotteurs ont été calibrés par pesée dans l'air, puis dans l'eau à la température ordinaire. Leur volume a été ramené à zéro en admettant comme coefficient de dilatation cubique la valeur 0.0000285 moyenne d'un grand nombre de déterminafaites avec le verre en usage dans ce laboratoire.

Voici les résultats obtenus pour les volumes à 0°, toutes corrections faites :

Flotteur A	Flotteur B
0.175665 litres	0.402978 litres
0.175662 »	0.402967 »
0.175658 »	moyenne 0.402073 litres
0.175657 »	
moyenne 0.175661 litres	

A ces volumes, il faut ajouter celui de la portion du fil de platine immergée dans le gaz; dans le but de déterminer la correction nécessaire, les fils de suspension ont été pesés, et leur volume calculé en admettant 22 comme densité du platine. Le volumes à 0° deviennent alors :

Flotteur A	0.175664 litre
Flotteur B	0.403000 litre

Préparation de l'oxygène et de l'hydrogène

Ces gaz ont été préparés par l'électrolyse d'une solution de potasse caustique à 20 %. L'électrolyseur, représenté par la figure 3, se compose d'un vase cylindrique en verre, I, au centre duquel est suspendue une cloche en verre, B, qui forme gazomètre. Les deux électrodes sont maintenues en place au moyen de fil de fer. L'électrode intérieure, A, est formée d'une lame de platine brasée à un fil de fer qui traverse la solution dont il est isolé au moyen d'un tube de verre convenablement recourbé. L'autre électrode, C, est constituée par une lame de fer suspendue à l'extérieur du gazomètre. Le gaz recueilli est soit l'oxygène soit l'hydrogène, suivant le sens du courant électrique.

Au sortir de cet appareil, le gaz traverse successivement un petit flacon laveur à acide sulfurique concentré, un tube à chaux sodée, F, destiné à retenir les traces d'acide carbonique pouvant se former avec l'oxygène, puis un tube de 25 cm. de longueur, H, plein d'amiante platinée, chauffé à 350° environ au moyen d'un four électrique à résistance, qui arrête, sous forme d'eau, les traces d'hydrogène — ou d'oxygène — toujours présentes.

La constance remarquable des pesées effectuées avec ces deux gaz semble prouver que le mode de préparation adopté mérite toute confiance.

Conduite d'une expérience

L'électrolyseur est tout d'abord relié à l'appareil hydrostatique au moyen d'une canalisation construite entièrement en verre soudé; un long tube à pentoxyde de phosphore est en outre intercalé de façon à dessécher complètement le gaz.

Un temps assez considérable — 5 à 6 heures environ — est nécessaire pour chasser entièrement l'air contenu dans l'appareil. Nous mettions généralement en marche la veille du jour où nous comptions faire les mesures. La constance de la poussée, corrections faites de pression et de température, renseigne d'une façon très nette sur le moment où l'air atmosphérique est éliminé.

Pour faire une pesée, la balance est tout d'abord décrochée, puis le courant gazeux arrêté pendant une minute environ ; on

détermine alors, par la méthode ordinaire des oscillations, la position équilibre de l'aiguille et on lit la température du bain.

Cette opération est répétée toutes les 6 à 8 minutes, en changeant chaque fois la position du cavalier, de façon à opérer dans des conditions aussi variées que possible ; le poids qui ramènerait l'aiguille à la division centrale de l'échelle est calculé en se basant sur la sensibilité de la balance. Cette dernière était de 2,07 divisions pour 1 milligramme avec le flotteur A. Avec le flotteur B, un peu plus lourd, elle était de 1,90 division pour 1 milligramm ; ces nombres sont les moyennes de très nombreuses déterminations.

La lecture du baromètre se faisait tous les quarts d'heure environ, quelquefois, lorsque la pression atmosphérique variait rapidement, lors de chaque pesée. Six ou huit observations étaient groupées en une série pour laquelle on prenait les moyennes des pressions, des températures et des poids correspondant à la position d'équilibre de la balance ; sur ces moyennes on calculait la tare du flotteur dans le vide, qui servait à comparer les résultats.

Voici un exemple d'une de ces séries, effectuée avec l'oxygène, la pression et la température étant très constantes ; on verra que les écarts des mesures individuelles ne dépasse pas 0,07 mgr. :

	Pression	Température	Position du cavalier	Position d'équilibre de l'aiguille	Poids gr.
	715.87	15.53	6	8.97	0.40641
		15.52	7	10.97	0.40644
		15.52	8	13.05	0.40644
	715.85	15.52	5	6.94	0.40639
		15.52	4	4.90	0.40637
	715.90	15.52	6	8.94	0.40643
Moyennes..	715.87	15.52			0.40641

Tare du flotteur dans le vide : 0.18263 gr.

Lorsque la pression atmosphérique et la température du thermostat variaient notablement, la marche de la balance suivait ces variations d'une façon très nette, et les moyennes four-

nissaient néanmoins une valeur constante pour la tare dans le vide.

Voici un cas de chute assez rapide du baromètre, la température restant constante :

	717.13	15°.73	6	8.4	0.40668
		15°.72	5	6.38	0.40666
		15°.72	4	4.35	0.40664
		15°.73	7	10.50	0.40667
	717.00	15°.72	8	12.7	0.40661
		15°.72	9	14 8	0.40659
		15°.73	10	16.87	0.40659
	716.86	15°.72	6	8.7	0.40654
Moyennes..	717.00	15°.72			0.40662

Tare du flotteur dans le vide : 0.18264 gr.

Voici enfin un exemple, se rapportant toujours à l'oxygène, où la pression et surtout la température variaient notablement ; on reconnaît la marche parallèle des poids, qui diminuent lorsque la température augmente.

	718.43	15°.58	6	7.4	0.40717
		15°.60	5	5.51	0 40708
		15°.62	4	3.47	0.40707
	718.41	15°.62	7	9.64	0.40708
		15°.66	8	11.88	0.40700
	718.32	15°.70	6	7.98	0.40689
Moyennes..	718.39	15°.64			0.40705

Tare du flotteur dans le vide : 0.18257

On remarquera — et ceci s'est produit régulièrement — que les résultats sont moins cohérents lorsque la température varie tant soit peu rapidement ; cela provient très probablement du fait que le flotteur ne recevant de chaleur que par l'intermédiaire du gaz ambiant, met un temps appéciable à prendre son équilibre de température, et qu'il est par conséquent plus ou moins en retard sur le bain du thermostat. Les variations barométriques sont au contraire suivies immédiatement par la balance.

Pesée dans l'hydrogène

Nous avons déjà dit qu'avec l'hydrogène il n'était pas possible d'arrêter le courant gazeux, la pénétration de l'air extérieur se faisant beaucoup trop rapidement. Pour éliminer l'effet cinétique, nous avons eu recours au procédé suivant, grâce auquel, à notre grande surprise, les mesures ont donné des résultats encore plus concordants qu'avec l'oxygène :

Un ampèremètre intercalé dans le circuit électrique de l'électrolyseur donnait une mesure exacte de débit gazeux ; il suffisait dès lors d'opérer des pesées avec des débits différents, et d'extrapoler les résultats à une vitesse du gaz nulle, pour obtenir la poussée statique. Nous avons pour celà admis que l'effet du courant gazeux était proportionnel à sa vitesse, ce qui était très probable puisque le gaz agit surtout par sa viscosité, et ce qui s'est vérifié expérimentalement. Si l'on calcule en effet, la valeur de $\frac{\Delta p}{\Delta i}$, p étant la position d'équilibre de l'aiguille de la balance et i l'intensité du courant électrique en ampères, on obtient un nombre très sensiblement constant. La valeur moyenne $\frac{\Delta p}{\Delta i} = 0{,}12$ a été utilisée pour les réductions.

Le tableau ci-dessous montre que les valeurs obtenues pour la position d'équilibre corrigée étaient remarquablement constantes pour une même position du cavalier. La concordance est

Position du cavalier	Courant I	Position d'équilibre de l'aiguille p.	$\frac{\Delta p}{\Delta i}$	Position d'équilibre ramenée à un courant nul
2	2.85 ampères	11.60	0.13	11.98
2	1.35 »	11.79		11.95
2	0.45 »	11.90	0.12	11.95
4	3.45 »	7.45	0.11	7.86
4	0.40 »	7.79		7.84
0	3.45 »	15.70	0.10	16.11
0	0.05 »	16.02		16.03
0	3.45 »	15.68	0.11	16.09
0	1.55 »	15.88		16.07

beaucoup plus grande que dans l'oxygène par le fait que, ainsi que nous l'avons fait remarquer, les variations du baromètre et de la température n'ont qu'une influence très faible sur la poussée dans l'hydrogène.

Résultats expérimentaux

a) *Tare du flotteur dans le vide; pesées dans l'oxygène et l'hydrogène.*

Ainsi que nous l'avons expliqué, nous avons contrôlé l'exactitude de la méthode hydrostatique en effectuant des pesées dans l'oxygène et dans l'hydrogène, et calculant pour chaque série de mesures la tare dans le vide, c'est-à-dire le poids qui équilibrerait la balance, le flotteur étant supposé dans le vide. Il fallait pour celà calculer dans chaque cas la poussée absolue subie par le flotteur. Ces mesures ont porté sur le flotteur A.

Dans le cas de l'oxygène nous avons adopte comme masse du litre normal la valeur de 1,4290 gr., et un coefficient de dilatation, à pression constante, égal à 0,003674, nombre qui sera légitimé par les mesures dont il est question plus bas. La pression barométrique moyenne de nos mesures étant voisine de 720 mm. c'est-à-dire notablement inférieure à la pression normale, nous avons également tenu compte de l'écart de compressibilité de l'oxygène par rapport à la loi de Mariotte, en adaptant pour cet écart par cm. de mercure, la valeur 0,0000127 [1].

Pour l'hydrogène, la densité adoptée est celle de Morley, soit 0,089873, masse du litre normal ; les réductions de pression et température ont été faites en se basant sur les lois des gaz parfaits.

Dans les deux tableaux ci-dessous, nous résumons toutes les données expérimentales ; nous rappelons que chacun des nombres qui figurent dans les trois premières colonnes est la moyenne de 5 à 6 déterminations au moins.

La comparaison des deux tableaux montre l'identité des résultats obtenus avec les deux gaz. La différence pour la tare

[1] Jaquerod et Scheuer *C. R.* 140 p. 1384 (1905) et *Mém. Soc. Phys. Genève*, 1908, vol. 35, p. 659.

I. — *Pesées dans l'oxygène*

Pression	Température	Poids qui équilibre la balance	Poussée calculée	Tare du flotteur dans le vide
	o	gr.	gr.	gr.
718.20	15.25	0.40731	0.22471	0.18260
718.49	15.42	0.40735	0.22467	0.18268
718.94	15.64	0.40730	0.22464	0.18266
719.59	15.65	0.40746	0.22481	0.18265
720.86	15.25	0.40811	0.22555	0.18256
719.33	15.09	0.40786	0.22519	0.18267
719.24	15.23	0.40760	0.22505	0.18255
719.06	15.41	0.40743	0.22486	0.18257
717.04	15.72	0.40663	0.22399	0.18264
715.87	15 52	0.40641	0.22378	0.18263
717.00	15.72	0.40662	0.22397	0.18265
717.99	15.51	0.40710	0.22445	0.18265
718.39	15.64	0.40705	0.22447	0.18258
717.88	16.03	0.40661	0.22401	0.18260

Tare moyenne du flotteur dans le vide : 0.18262

II. — *Pesées dans l'hydrogène*

Pression	Température	Poids qui équilibre la balance	Poussée calculée	Tare du flotteur dans le vide
	o	gr.	gr.	gr.
725.50	13.83	0.19698	0.01435	0.18263
724.30	14.16	0.19695	0.01431	0.18264
719.86	13.75	0.19687	0.01424	0.18263
717.04	13.29	0.19689	0.01421	0.18268
713.02	14.07	0.19671	0.01409	0.18262

Tare moyenne du flotteur dans le vide : 0.18264

du flotteur dans le vide n'est en effet que de 0,02 mgr. entre les moyennes, différence qui ne dépasse certainement pas les erreurs d'expériences.

Nos mesures confirment par conséquent la valeur de la masse du litre normal d'oxygène adoptée pour les calculs, soit 1,4290 gr., avec une approximation de $^1/_{10\,000}$ puisque la poussée dans l'oxygène est de 0,2 gr. environ. On serait tenté à première vue de voir plutôt dans les nombres ci-dessus une confirmation du rapport des densités oxygène et hydrogène ; il n'en

est rien, car, ainsi que nous l'avions fait remarquer déjà, la pesée dans l'hydrogène équivaut à peu près à une pesée dans le vide, la poussée n'étant que de 0.01 gr.; ce n'est donc que la *différence* entre les poussées dans l'oxygène et l'hydrogène que l'on obtient avec une précision suffisante, et par suite la densité du premier de ces gaz.

b) *Dilatation de l'oxygène*

Outre les mesures ci-dessus rapportées, nous en avons effectué d'autres, à diverses températures comprises entre 10 et 37°, en vue de fixer la valeur d'un coefficient de dilatation nécessaire pour ramener à zéro les déterminations précédentes.

Ces mesures n'ont porté que sur l'oxygène; avec l'hydrogène, ainsi que nous l'avons déjà dit, l'influence de la température sur la poussée est trop faible pour conduire à des résultats précis. Le flotteur B, de 400 c.c. environ a été utilisé, le premier ayant été cassé accidentellement; ce second flotteur d'un volume plus considérable, permet d'ailleurs d'obtenir plus de précision.

Nous avons eu tout d'abord, cela va sans dire, et cela dès le début de nos essais l'idée d'opérer à la température de la glace fondante; mais nous ne sommes jamais parvenus à de bons résultats, par suite probablement du temps assez considérable, nécessaire pour que le flotteur prenne la température ambiante. Ce temps écoulé, la glace commençait à fondre dans le bas de l'appareil, de sorte que nous n'arrivions pas à des pesées constantes. Nous en sommes alors revenus au bain d'eau, en variant le plus possible sa température.

Dans ce but le thermostat de zinc fut entouré d'une feuille d'amiante, sur laquelle nous enroulâmes une spirale de fil de fer qui pouvait être chauffée par un courant électrique. Le tout fut enveloppé d'amiante et d'une couche épaisse de ouate de façon à diminuer les échanges de chaleur avec l'extérieur. En brassant d'une façon continue l'eau du thermostat et règlant convenablement l'intensité du courant électrique, nous sommes parvenus à maintenir pendant plusieurs heures la température constante à quelques centièmes de degrés près, et à faire à 30 ou 35° d'aussi bonnes mesures qu'à la température ordinaire.

Pour les basses températures, nous nous sommes contentés de laisser le laboratoire ouvert pendant un jour — les mesures datent d'avril 1910 — et de remplir le thermostat d'eau froide. Une température voisine de 10° fut ainsi réalisée, et se maintint suffisamment constante pour les mesures.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus, chacun des poids indiqués dans la troisième colonne étant, comme toujours, la moyenne de 6-8 déserminations individuelles.

Pression	Température	Poids qui équilibre la balance	Poussée calculée	Tare du flotteur dans le vide
	°	gr.	gr.	gr.
731.15	9.87	1.77412	0.53479	1.23933
731.60	10.12	1.77396	0 53463	1.23933
731.77	10.33	1.77371	0.53436	1.23935
730.43	24.88	1.74676	0.50646	1.23930
730.29	23.85	1.74840	0.50912	1.23928
729.98	24.08	1.74779	0.50851	1.23928
730.17	24.12	1.74789	0.50857	1.23932
730.54	29.19	1.73959	0.50034	1.23925
730.62	29.18	1.73969	0.50041	1.23928
731.40	37.05	1.72762	0.48831	1.23931
731.14	37.05	1.72741	0.48815	1.23926
730.98	37.02	1.72737	0.48808	1.23929

L'inspection des nombres de la dernière colonne montre immédiatement que la précision obtenue est encore meilleure que dans le cas du flotteur A, moitié plus petit; l'écart maximum sur la moyenne (1 gr. 23930) ne dépasse pas 0,05 mgr., ce qui correspond à $^1/_{10\,000}$ de la poussée de l'oxygène. Nous pensons qu'on peut attribuer ce résultat à la grande habitude que nous avons prise de ce genre de mesures. Dans aucun cas la méthode du ballon ne permettrait d'obtenir une telle constance dans les pesées, étant donné surtout les grandes différences de température employées.

Ces mesures fournissent la valeur 0,003674 pour le coefficient de dilatation de l'oxygène, sous la pression constante de 730^{mm}

de mercure environ, valeur adoptée dans tous les calculs. Elles montrent que la méthode hydrostatique, comme nous le disions dans l'introduction est susceptible de fournir de très bonnes données sur la dilatation des gaz à pression constante ; rien n'empêcherait d'opérer dans des limites de températures beaucoup plus étendues.

Résumé et conclusions

La méthode hydrostatique appliquée au gaz est susceptible d'une précision au moins égale à celle de la méthode du ballon, même dans le cas de gaz beaucoup plus légers que l'air atmosphèrique. Elle élimine l'emploi de la pompe pneumatique et permet de simplifier notallement les manipulations.

Les pesées que nous avons effectuées au moyen de cette méthode confirment la valeur 1.4290 comme masse du litre normal d'oxygène, moyenne des meilleures déterminations faites jusqu'ici.

L'appareil que nous décrivons est aussi applicable à la détermination du coefficient de dilatation des gaz, sous pression constante; nous avons ainsi obtenu pour l'oxygène, la valeur 0,003674 pour des températures comprises entre 10-37°, et sous la pression de 730 mm. de mercure.

Neuchâtel, Laboratoire de physique de l'Université. Décembre 1910.

SUR

LA DÉPENDANCE DE LA FORCE DE GRAVITATION

du milieu intermédiaire à travers lequel elle s'exerce

PAR

Th. ERISMANN [1]

I. — Le présent travail a pour objet la question suivante : la force de gravitation qui s'exerce entre deux corps éloignés dépend-elle, dans une mesure quelconque, du milieu qui se trouve entre les deux corps? Cette question se rapproche donc beaucoup de celle de l'action directe à distance de la gravitation. Théoriquement on peut se demander : est-il possible d'immaginer qu'un corps, situé en un certain point de l'espace, agisse en un point où il ne se trouve pas, bien qu'il en soit séparé par le vide absolu, et comme par une simple conséquence de son existence? Mais nous n'insistons pas ici sur ces considérations d'un caractère purement philosophique développées dans notre travail complet, d'autant plus que la seule exigence à laquelle doit satisfaire la solution d'un problème fondamental de science naturelle est qu'elle ne présente pas de contradiction logique en elle-même ; et, dans notre cas, ni l'hypothèse d'une action de voisinage immédiat, ni celle d'une action à distance ne donnent lieu à ce défaut.

On sait que la tendance actuelle de la science est de ramener les forces à une action de voisinage immédiat et que pour toutes les autres forces la tentative à eu des résultats féconds. On pouvait donc supposer que la gravitation elle aussi était une force à distance en réalité fictive ; toutefois il est bon de se rap-

[1] Ce travail a paru *in extenso* dans les *Mémoires de la Société des Sc. nat. de Zurich,* quatrième livraison, 53me année, 1908 et comme dissertation. La reproduction abrégée que nous en publions ici nous est communiquée par l'auteur (*Réd.*).

peler que, sur bien des points, elle diffère des autres forces : pourquoi n'en différerait-elle pas aussi dans sa loi d'action par rapport à l'espace. Et c'est donc l'expérience qui nous doit donner la réponse sur les questions proposées.

Je tiens à rappeler que ces recherches ont été entreprises et poursuivies dans le laboratoire de physique de l'Université de Zurich, sous la direction de M. le Prof. Kleiner.

II. — Nous allons passer rapidement en revue les travaux sur le sujet, soit qu'on ait cherché à vérifier certaines hypothèses, soit qu'on ait simplement abordé la question expérimentalement.

Crémieu[1] chercha à montrer que l'intensité de la gravitation s'exerçant entre deux corps ne dépend pas uniquement de leur masse mais aussi de l'état particulier où se trouve la substance, ce qui influe sur l'état de l'éther dont la pression, suivant lui est la cause du phénomène. Il plonge les corps dans un milieu liquide possédant exactement la même densité et constate que les particules ont une tendance à se rapprocher lentement. D'après la loi de gravitation il ne devrait se produire ni attraction ni répulsion. Mais ces expériences ne peuvent pas être considérés comme définitives.

Ne m'arrêtant pas aux tentatives de Mackensie, Gray et Poynting sur les cristaux, sans résultats suffisamment positifs, j'en viens aux expériences de Austin et de Thwing[2] dont la méthode diffère peu de celle que j'ai employée. Ils se servent. comme Cavendish, d'une balance de torsion et fixent aux extrémités du levier horizontal deux petits corps métalliques sur lesquels agissent par la gravitation deux grosses masses également métalliques placées dans leur voisinage. Des plaques de diverses substances sont ensuite introduites entre les corps qui s'attirent pour observer si l'intensité de l'attraction est modifiée en quelque manière. Il y a lieu de remarquer que le rôle des plaques comme écran risque de s'accroître du rôle de corps attirant, car par le fait de la déviation angulaire du levier, la petite boule sort du plan médian des deux écrans, s'approche de l'un et s'éloigne de l'autre, de telle sorte que les deux écrans ont des actions de gravitation inégales. Et, en outre, la cons-

[1] *Journal de physique*, 1906 (4). 5, p. 25.
[2] *Physical review*, 1897.

tance de la déviation n'est pas une preuve complète de la non altération de la force, parce qu'il se pourrait que l'absorption de celle-ci par le milieu fût aussi proportionnelle à la masse, de manière que les deux effets d'attraction et d'absorption pourraient se neutraliser. Le résultat obtenu par Austin et Thwing a été négatif, c'est-à-dire que l'influence du milieu interposé, si elle existe, est plus faible que l'erreur d'observation, laquelle est de $^1/_{500}$ de la déviation totale.

Crémieu a de nouveau abordé la question, et au lieu de plaques écran a plongé la partie inférieure de la balance dans l'eau de sorte qu'une lame d'eau était le milieu intermédiaire. Bien que Crémieu ait poursuivi ses recherches en se conformant aux précautions scientifiques les plus minutieuses et au moyen d'appareils fort coûteux, les résultats auxquels il est parvenu sont résumés par lui-même dans les termes suivants. « Tout ce qu'on peut dire, c'est que dans l'état actuel de la question, il semblerait que dans un champ gravifique très convergent, un corps plongé dans un liquide serait soumis à quelque chose de plus que la différence entre la poussée hydrostatique et l'attraction newtonienne. »

Les recherches de Austin et Thwing ont été reprises par Laager[1], à Zurich, qui emploie le milieu intermédiaire sous la forme d'un cylindre vertical dans l'axe duquel se trouve le fil de suspension, ce qui écarte en partie les objections précédentes. Les sphères attirantes peuvent être amenées, au moyen d'un plateau circulaire tournant sur lequel elles reposent d'une première position A à une position B symétrique de la première, par rapport à la direction médiane du levier, ce qui a pour conséquence une action égale et de direction contraire de la force de gravitation sur le système des deux petites boules ; disposition ingénieuse qui ne donne lieu à aucune secousse. Laager a constaté une influence du milieu intermédiaire, mais un calcul subséquent a montré que la forme donnée à l'expérimentation ne supprime que très insuffisamment les causes d'erreur que nous avons signalées relativement aux travaux mentionnés.

III. — J'en viens à mes propres recherches et je commence

[1] *Hallerischer Buchhandlung,* Berne, 1904, dissertation.

par indiquer le schéma des observations que la solution de la question implique. Deux petites masses m_1 et m_2 sont fixées aux extrémités du levier horizontal d'une balance de torsion et attirées par deux masses considérables M, fixes, dont une seule est figurée (l'autre se trouve en haut à droite du levier) (fig. 1).

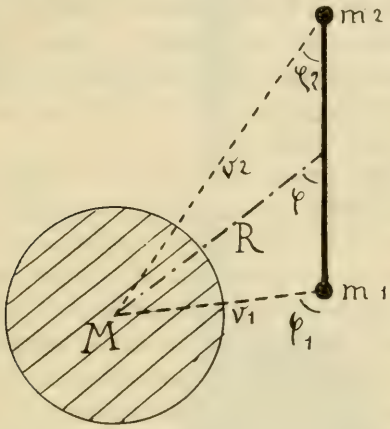


Fig. 1

M Sphère de plomb dont la masse est M.
m_1 et m_2 Petites sphères d'argent dont la masse est m.
T_1 Composante normale de l'attraction de M sur la masse la plus rapprochées, m_1, en dynes.
T_2 Composante normale de l'attraction de M sur la masse la plus éloignée m_2 en dynes.
G Constante de gravitation.
R Distance du centre du levier au centre de M.
r_1 et r_2 Distances du centre de M aux deux petites masses.
φ_1 Angle de la direction Mm_1 et du levier.
φ_2 Angle de la direction Mm_2 et du levier.
φ Angle de R et du levier.
T Composante normale de la force totale d'attraction.

$$T = T_1 - T_2 = GMm \left[\frac{\sin \varphi_1}{r_1^2} - \frac{\sin \varphi_2}{r_2^2}\right]$$

$$= GMmR \sin \varphi \left[\frac{1}{r_1^3} - \frac{1}{r_2^3}\right] = 66{,}5.10^{-9}.2840.0{,}09.6.0{,}7 . \left[\frac{1}{5^3} - \frac{1}{8^3}\right]$$

$$= \text{appr. } 43{,}0 . 10^{-8} \text{ dynes. D'où } 2T = 86{,}0.10^{-8} \text{ dynes.}$$

L'action étant doublée par le fait que les deux grosses sphères agissent symétriquement. La valeur moyenne de la force à mesurer est d'environ 50.10^{-8} dynes qu'on se propose de mesurer à $^1/_{1000}$ près en prenant cette fraction comme limite de l'influence qu'il s'agit de constater.

J'ai insisté dans la publication complète de mon travail sur

les essais successifs, qui ont duré près de deux ans, par lesquels j'ai dû passer avant d'arriver à une mesure de la force en question qui présentât des conditions suffisantes de constance et de régularité. En premier lieu la variation de la position d'équilibre du levier, sous l'influence des courants d'air surtout, déterminés par des variations de température ou d'autres causes difficilement appréciées, était la difffculté la plus sérieuse. J'ai été amené forcément à employer un appareil dans lequel on fait le vide et c'est au moyen de cet appareil que mes expériences définitives ont été faites.

En second lieu, c'est à M. le professeur Kleiner que je dois d'avoir, dès le début de mes essais, employé le milieu écran sous la forme d'une couche sphérique entourant la petite sphère attirée, ce qui exclut son rôle comme masse attirante. L'enveloppe sphérique qui reste constante est double et formée par une lame d'aluminium et une autre de cuivre, de 1,5 mm. d'épaisseur, laissant entre elles une épaisseur de 0,63 cm. dans laquelle on introduit trois liquides différents, le mercure, l'eau et l'huile de paraffine qui diffèrent notablement entre eux relativement à la densité, la constante diélectrique, la transparence, etc. (fig. 3). J'ajoute que j'ai commencé par me servir d'une seule enveloppe sur laquelle je disposais une sphère creuse en métal, partagée en deux hémisphères, mais les perturbations, amenées par l'introduction de la pièce métallique dans l'instrument m'y ont fait renoncer et au contraire l'introduction des liquides est ménagée de telle sorte qu'elle a lieu sans que l'observateur doive cesser de viser dans la lunette.

L'instrument qui est représenté dans la fig. 2 consiste dans un tube de laiton à parois épaisses, muni à son sommet d'un cercle de torsion et d'un couvercle hermétique. A la partie inférieure se trouve un robinet qui le fait communiquer avec la pompe et à quelques centimètres plus haut sont pratiquées deux ouvertures latérales par où passent deux prolongements du levier suspendu au fil de torsion. A ces ouvertures sont adaptés deux tubes qui pénètrent eux-mêmes dans l'enveloppe sphérique en aluminium et la supportent. Un peu plus haut est percée une fenêtre de faible dimension pour la visée du miroir. L'instrument est solidement installé sur un trépied; le dispositif de Laager

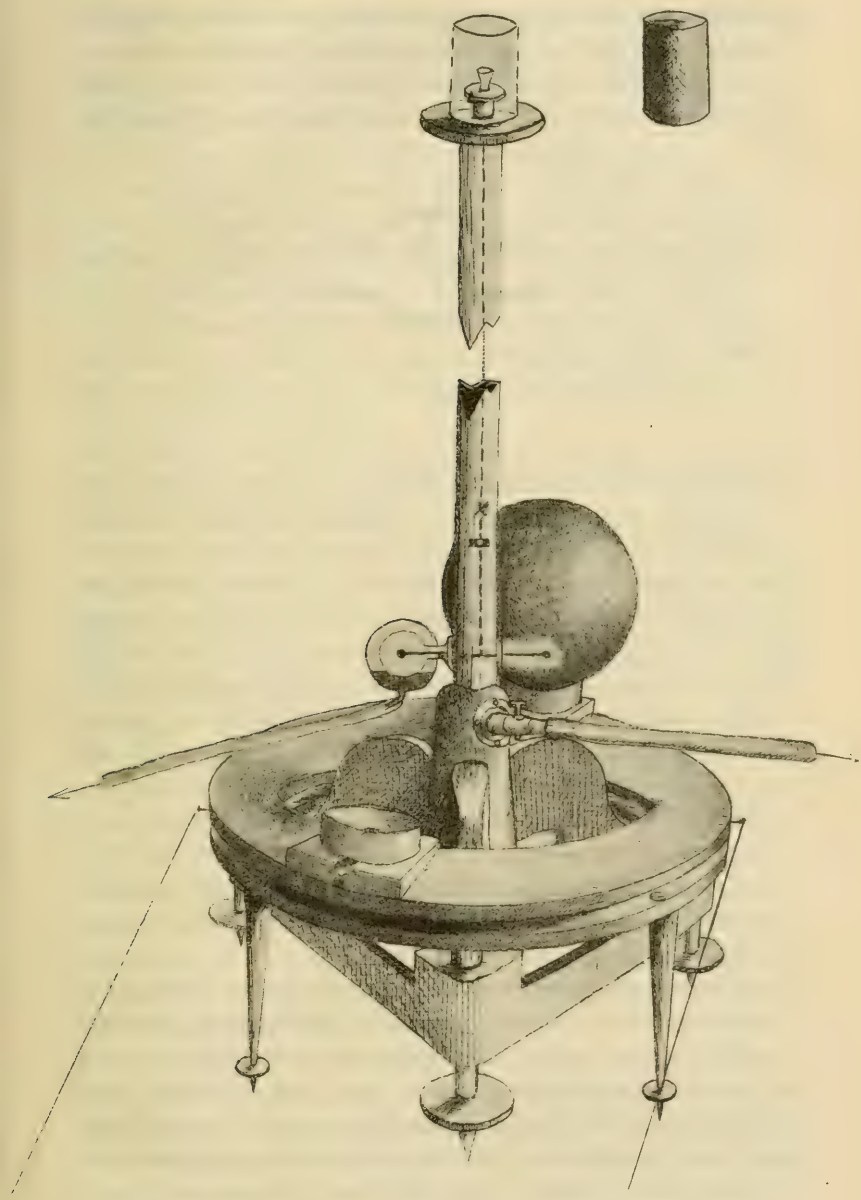


Fig. 2

permettant d'amener les deux sphères de plomb successivement dans les deux positions voulues est munie d'un pied spécial.

La figure 3 montre en grandeur naturelle une coupe horizontale de l'instrument. A est l'intérieur du tube où se fait le vide,

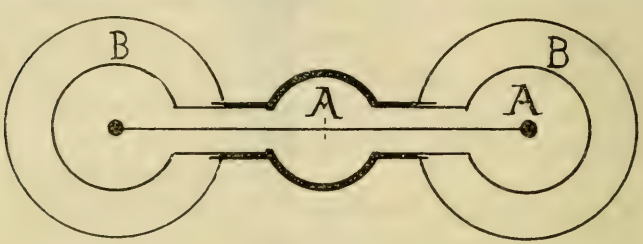


Fig. 3

B l'intérieur de la couche sphérique limitée par la plus petite sphère d'aluminium et la plus grande de cuivre. Le levier, qui devait être choisi aussi léger et solide que possible, est un fil d'aluminium ; le miroir n'a qu'un diamètre de 3 mm. et nécessite un fort éclairage de l'échelle. Il fallait obtenir une amplitude de déviation maxima, laquelle se trouve limitée par la force de torsion du fil de suspension, qui doit cependant supporter le levier et les deux petites boules d'argent pesant ensemble 0,18 gr., et par le diamètre des sphères attirantes. Après avoir essayé quelques fils de quartz, j'en suis venu à employer un fil de Wollaston de 7 μ d'épaisseur qui était préférable sous le rapport de la solidité et ne donnait lieu à aucune réactivité sensible. Il est long de 47,5 mm. L'amplitude de déviation due aux deux actions en sens contraire comporte une différence de 120 divisions de l'échelle visée dans la lunette ; la division est d'un mm.

Relativement aux difficultés d'expérimentation, bien que la mesure de la force dans le vide les eût fait disparaître en grande partie, il restait encore une certaine dépendance de la position du zéro d'avec l'éclairage par un bec Auer. Toutefois cette déviation disparaît presque immédiatement, de façon qu'on ne peut pas l'attribuer à un échauffement par conductibilité. J'ajoute que l'ouverture et la fermeture de la caisse qui recouvre complètement l'instrument donnait lieu d'abord à une perturbation, mais en badigeonnant l'appareil avec du savon gras,

l'ouverture et la fermeture de la caisse sont devenus sans influence. Il s'est produit encore de temps à autre une inconstance du zéro de 0,1-0,15 parties de l'échelle, sans qu'on pût lui attribuer une cause; mais *habituellement*, le zéro était assez constant pour qu'ont pût opérer des mesures.

Si une déviation progressive due au fil, du genre de celle qui a été constatée pendant la supension des expériences, s'était produite, en divisant sa valeur totale par le nombre de jours et d'heures correspondant, on trouve que rapportée à la durée d'une observation l'erreur est tout à fait négligeable (ca. 0,01 mm. par heure). Le tableau ci-joint a surtout pour objet de montrer que les petites irrégularités du zéro peuvent disparaître dans des conditions favorables.

1907 13 février matin			26 juin matin			26 juin soir			6 juillet soir		
665,2	—	9^h40	666,1	—	8^h15	$665,2_3$	—	8^h57	719,8	—	8^h09
665,1	—	11^h10	666,2	—	9^h07	665,2	—	9^h04	719,8	—	8^h15
665,2	—	11^h30	666,2	—	10^h09	665,2	—	9^h11	719,8	—	8^h25
665,2	—	11^h45	666,2	—	10^h45	$665,1_7$	—	9^h16	719,8	—	8^h35
665,2	—	12^h35	666,2	—	11^h55	$665,1_7$	—	9^h21	719,8	—	10^h45
			666,2	—	12^h00	$665,1_7$	—	9^h27			
			666,2	—	12^h07						
			666,2	—	12^h13						
			666,2	—	12^h19						

Avant chaque mesure définitive la constance du zéro a été observée et l'expérience, s'il le fallait remise à la nuit suivante, car ayant constaté que les petites perturbations étaient bien moins fréquentes la nuit que le jour, toutes les mesures rapportées ci-après ont été faites la nuit.

IV. — Les tableaux qui suivent sont ceux des valeurs numériques des déviations, observées dans mes expériences les plus récentes, en juillet et août 1907, avec l'appareil qui a été décrit. On verra que les résultats avant le 21 juillet diffèrent un peu de ceux après cette date, ce qui peut provenir d'une rectification du centrage et aussi de ce que les dernières ont coïncidé avec des conditions particulièrement favorables.

Expériences avec Hg comme milieu intermédiaire
Différence des positions extrêmes du levier

		Avec Hg	Sans Hg	Différence
I.	1 juillet 1907 (Obs. de l'oscillation).	120,9	120,5	+ *0.4*
II.	10 » » » » .	127,8	127,8	*0,0*
			127,1	+ *0,7*
III.	16 » » (Obs. de l'équilibre)..	121,5	121,4	+ *0,1*
IV.	21 » » » » ..	121,0	121,0	*0,0*
V.	16 août » » » ..	120,8	120,8	*0,0*
VI.	17 » » » » ..	120,9	120,8	+ *0,1*
VII.	11 » » » » ..	120,7	120,7	*0,0*
VIII.	19 » » » » ..	120,7	120,7	*0,0*
IX.	20 » » (Obs. de l'oscillation).	120,2	120,2	*0,0*

Expériences avec l'eau comme milieu intermédiaire

		Avec H_2O	Sans H_2O	Différence
X.	17 juillet 1907 (Obs. de l'équilibre)..	121,7	121,6	+ *0,1*
XI.	18 » » » » ..	121,7	121,6	+ *0,1*
XII.	21 août » » » ..	120,5	120,5	*0,0*
XIII.	22 » » » » ..	120,5	120,5	*0,0*

Expériences avec l'huile de paraffine comme milieu intermédiaire (23 août)

Avec la paraffine

XIV. 9^h38 : 548,7
9^h43 : 548,7
9^h48 : 548,7 } 548,7

11^h34 : 669,3
11^h39 : 669,3
11^h44 : 669,3 } 669,3

12^h14 : 669,3
12^h20 : 669,3 } 669,3

669,3 669,3

548,7

Sans la paraffine

548,7 { 548,7 : 9^h17
548,7 : 9^h22
548,7 : 9^h27

548,7 { 548,7 : 9^h56
548,7 : 10^h01

548,7

669,3 { 669,3 : 11^h13
669,3 : 11^h18
669,3 : 11^h24

669,3 { 669,3 : 11^h53
669,3 : 11^h58
669,3 : 12^h04

Différence

669,3	669,3
548,7	548,7
120,6	120,6

0.0

Ce dernier tableau peut servir d'exemple relatif à la manière dont les résultats donnés dans les tableaux précédents sont déduits des observations des deux positions d'équilibre du levier.

V. — En prenant en considération la grande concordance des résultats obtenus depuis le 21 juillet, et le fait qu'en même temps ces expériences offrent le plus d'exactitude, on peut en conclure que l'introduction comme milieu intermédiaire d'une couche de 6,3 mm. d'épaisseur de mercure, d'eau et d'huile de paraffine n'altère pas la déviation de plus de $^1/_{12000}$ de sa valeur. En écartant les expériences I, II, III et VI, la limite de l'influence possible pour le mercure est abaissée à $^1/_{2400}$. Pour l'eau et la paraffine, les expériences XII, XIIIet XIV donnent une confirmation remarquable de la petitesse de cette limite.

On pourrait peut-être alléguer comme argument contre l'importance de ce résultat le fait que les deux parois sphériques d'aluminium et de cuivre subsistent dans toutes les expériences. S'il s'agissait d'une force de même nature que l'électricité ou le magnétisme, l'influence du milieu interposé entre ces deux parois ne se ferait pas sentir. Mais précisément ces recherches accentuent la différence entre la gravitation et ces forces, puisque pour celles-ci la déviation du levier serait, dès le début, annulée par la couche sphérique enveloppant complètement le système mobile.

Ces résultats sont donc négatifs et se résument de la manière suivante : *la déviation, lorsqu'on introduit comme écran intermédiaire une couche de 0.63 cm. d'épaisseur, reste constante à* $^1/_{1200}$ *près de sa valeur*. Et si on n'est pas fondé à exclure tout à fait l'hypothèse que l'influence subsiste au-dessous de cette limite, cette hypothèse est tout de même peu vraisemblable puisque l'influence du milieu est beaucoup plus grande pour toutes les autres forces.

Ce résultat négatif peut trouver son utilité pratique par exemple dans le calcul de la masse des planètes. Toutefois son intérêt principal est dans la corroboration du caractère distinctif de la gravitation relativement à l'influence du milieu au travers duquel l'action s'exerce sur la grandeur de cette action elle-même.

NITRATION COMPARATIVE

DE

QUELQUES AMINES AROMATIQUES

MONO- ET DIACYLÉES

PAR

Frédéric REVERDIN et Armand de LUC

A la suite de nos recherches sur la nitration des dérivés du p-aminophénol[1], nous nous sommes proposés d'examiner comparativement la nitration de quelques dérivés mono- et diacylés, afin de nous rendre compte de l'influence que pourrait avoir, la présence du second groupe acylé à l'azote, sur la stabilité de la molécule ou sur l'orientation des groupes « nitro » qui y sont introduits.

Nous avons, en premier lieu, comparé la nitration du *méthoxy-1- toluènesulfonyl-amino-4-benzène* de F = 114° à celle de son *dérivé acétylé* de F = 148°, soit :

$$C^6H^4.OCH^3.N(C^2H^3O.SO^2C^7H^7)$$

déjà décrit par l'un de nous[2].

La nitration a été faite de diverses manières.

1. — En introduisant la solution de 1 partie de ce produit dans 10 parties d'acide acétique cristallisable, dans 5 parties de HNO^3 de D = 1. 52 et maintenant la température de 20-30°.

Tandis que dans ces conditions le composé de F = 114°, comme nous l'avions déjà constaté précédemment, fournit un *dérivé dinitré* correspondant à la formule :

$$C^6H^2.OCH^3.NO^2.NO^2.NH.SO^2C^7H^7. \quad 1.2.3.4$$

de F = 165—167°, le dérivé acétylé de F = 148° reste inattaqué.

[1] *Arch. des Sc. Phys. et nat.*, 1909 t. XXVIII, p. 439.

[2] *Id.*, 1909. t. XXVII, p. 383.

En opérant avec les mêmes proportions, mais en laissant monter la température jusque vers 60°, température à laquelle on remarque un léger dégagement gazeux, on obtient avec le composé monoacylé le même dérivé que ci-dessus, tandis qu'avec le dérivé diacylé, le dégagement gazeux ne commençant que vers 80°, il se forme un *dérivé mononitré* seulement. Ce nouveau produit cristallisé dans l'alcool, puis dans un mélange de benzène et de ligroïne se dépose en paillettes incolores de F = 197° et il est constitué par le *méthoxy-1-nitro-3-acétyl-toluènesulfonyl-amino-4-benzène :*

$C^6H^3.OCH^3.NO^2.N(C^2H^3O.SO^2C^7H^7.1.3.4$
0.1193 gr. subst. 8.4 cc. N. (17°; 710 mm.)
Calculé pour $C^{16}H^{16}O^6SN^2$.. N = 7.69 %
Trouvé ..... N = 7.74 %

Ce produit insoluble dans l'eau même à chaud, soluble à chaud dans l'alcool, l'acide acétique, le benzène, l'acétone, peu soluble en revanche dans la ligroïne, fournit par saponification au moyen de l'acide sulfurique concentré à la température du bain-marie, la mononitro-anisidine de F = 123°, déjà décrite par Hähle[1] et Hinsberg[2].

2. — En introduisant le composé monoacylé dans 5 parties de HNO^3 de D = 1. 52 de telle manière que la température ne dépasse pas 20°, puis l'élevant ensuite jusqu'au moment où commence un léger dégagement gazeux (55°) et coulant, nous avons réussi, contrairement à ce qui avait été indiqué dans notre dernière publication[3], à obtenir le *dérivé dinitré* en 2-3, comme produit principal ainsi que du *dérivé mononitré* en 3.

Le composé diacylé nous a donné dans les mêmes conditions (mais la température peut être dans ce cas portée à 65° avant qu'il commence à se dégager des gaz), *deux dérivés dinitrés*. Le produit de la nitration, après avoir été coulé dans l'eau, filtré et lavé, a été repris par l'alcool bouillant qui le dissout incomplètement ; la solution alcoolique filtrée, puis additionnée de quelques gouttes d'eau dépose de jolies paillettes jaunes de

[1] *Journ. f. prakt. Chemie.* (2), 43, p. 63.
[2] *Ann. Chem.*, 292, p. 249.
[3] *Arch. des Sc. phys, et nat.*, 1909, t. XXVII, p. 387.

F = 169° constituées par le *méthoxy-1-dinitro-2-5-acétyl-toluène-sulfonyl-amino-4-benzène :*

$C^6H^2.OCH^3(NO^2)^2N.(C^2H^3O.SO^2C^7H^7)1.2.5.4$

0.1039 gr. subst. 9.5 cc. N (16°; 697 mm.)

Calculé pour $C^{16}H^{15}O^8SN^3$... N = 10.26 %

Trouvé ..... N = 9.91 %

Cette combinaison qui a fourni par saponification sulfurique la dinitro-anisidine correspondante de F = 153°,[1] est soluble dans l'alcool à chaud, dans le benzène et l'acétone, insoluble dans la ligroïne.

La partie insoluble ou peu soluble dans l'alcool, cristallisée dans l'acide acétique dépose des aiguilles incolores de F = 205° de l'isomère renfermant les groupes nitro en 2-3 :

$C^6H^2.OCH^3.(NO^2)^2N.(C^2H^3O.SO^2C^7H^7)1.2.3.4$

car elle donne par saponification sulfurique la dinitro-anisidine connue de F 188°.

0.1074 gr. subst. 10 cc. N (18°; 706 mm.)

Calculé pour $C^{16}H^{15}O^8SN^3$.. N = 10.26 %

Trouvé ..... N = 10.15 %

Le rendement de cet essai en produit purifié a été de 84 % dont 24 % constitué par la partie la plus soluble dans l'alcool et 60 % par la partie la moins soluble.

Nous avons continué l'étude de cette question en examinant comparativement la nitration des *mono-* et *diacétyl-p-toluidines,* ainsi que des *toluènesulfonyl-* et de *l'acétyl-toluène-sulfonyl-p-toluidines.*

On connaissait déjà les produits qui se forment dans la nitration de l'acétyl-p-toluidine.

En introduisant 5 parties de HNO^3 de D = 1.52 dans une solution de 1 partie d'acétyl-p-toluidine dans 10 parties d'acide acétique cristallisable, de manière que la T. ne dépasse pas 15°, puis chauffant peu à peu jusqu'à 65°, il se forme la *nitro-acétyl-p-toluidine* décrite par Gattermann[2] :

$C^6H^3.CH^3.NO^2.NH.C^2H^3O.3.4$

de F = 94—95° (nitrotoluidine correspondante F = 114° d'après

[1] Reverdin et Bucky. — *Arch. des Sc. phys et nat.*, 1906, t. XXII, p. 144.

[2] *Ber. der Deutsch chem. Ges.*, 18, (1885). p. 1482.

Beilstein et Kuhlberg[1] et 116-117° d'après Schraube et Romig[2] nous avons trouvé nous-mêmes 114°).

En nitrant avec HNO^3 seul de D = 1. 52 en chauffant à 65°, jusqu'à léger dégagement gazeux, on obtient 38 % de *dinitro-3. 5-acétyl-p-toluidine* de F = 190° (Beistein et Kuhlberg[3]) et 62 % de *nitro-3-acétyl-p-toluidine* de F = 94°. Ces deux produits peuvent être séparés par leur différence de solubilité dans le benzène ; le premier étant le moins soluble dans ce dissolvant.

La *diacétyl-p-toluidine* nitrée en solution acétique dans les mêmes proportions que ci-dessus, dégage déjà du gaz à 20° et fournit par désacétylation partielle la *nitro-3-acétyl-p-toluidine de F = 94°*

Si l'on opère avec HNO^3 de D = 1. 52 seul, même en refroidissant avec de la glace la réaction est vive et l'on est obligé de couler à 5° ; il se forme dans ces conditions directement, par désacétylation totale, la *nitro-3-p-toluidine* de F = 114°.

La *toluène-sulfonyl-p-toluidine*, déjà décrite par Müller et Wiesinger[4] a été préparé par l'action de 1 molécule de p-sulfochlorure de toluène sur 1 molécule de p-toluidine en présence de 2 mol. d'acétate de soude, en solution alcoolique et à chaud ; elle cristallise dans l'acide acétique en aiguilles fines et incolores de F = 118°

En nitrant ce produit en solution acétique dans les proportions habituelles il faut porter la température jusqu'à 70° pour obtenir une nitration et l'on retire du produit de la réaction après avoir cristallisé dans l'alcool, puis dans un mélange de benzène et de ligroïne 80 % d'un composé incolore, cristallisé en belles aiguilles fusibles à 204°, constituées par la *dinitro-3.5-toluène-sulfonyl-p-toluidine :*

$C^6H^2.CH^3.(NO^2)^2.NHC^7H^7SO^2$ 1.3.5.4
0.1294 gr. subst. 14.1 cc. N (20°; 707 mm.)
Calculé pour $C^{14}H^{13}O^6SN^3$ .. N = 11.96 %
Trouvé ..... N = 11.81 %

Ce composé qui a été aussi décrit dernièrement par Uhlmann

[1] *Annalen der Chemie*, 155, p. 23.
[2] *Ber. der Deutsch chem. Ges.*, 26, (1893), p. 579.
[3] *Annalen der Chemie*, 158, p. 348.
[4] *Ber. d. D. Ch. Ges.* 12 (1874) 1348.

et Gross[1] avec le F = 210°, est un peu soluble à froid dans l'alcool, soluble à chaud, assez soluble dans le benzène à chaud, ainsi que dans l'acide acétique ; il fournit par saponification sulfurique la *dinitro-3.5-p-toluidine* de F = 166-168° décrite par Beilstein et Kuhlberg.

Lorsqu'on nitre avec HNO^3 seul, la réaction est un peu plus vive et en coulant à 40°, c'est-à-dire à l'apparition des vapeurs rutilantes, on obtient le même produit que ci-dessus avec un rendement de 70 % en produit pur, de la substance mise en réaction.

L'acétyl-toluène-sulfonyl-p-toluidine a été préparée en dissolvant simplement la toluène-sulfonyl-p-toluidine dans 6 parties d'anhydride acétique ; il y a échauffement et transformation immédiate en dérivé diacylé, lequel est incolore et fond à 134°. Il faut éviter de chercher à acétyler en présence d'acide sulfurique, car il y a dans ce cas saponification.

0.1359 gr. subst. 0.3170 CO^2; 0.0686 H^2O
0.1592 gr. subst. 6.8 cc. N (22°; 713 mm.)

Calculé pour $C^{16}H^{17}O^3SN$. .	C = 63.66 % ;	trouvé	C = 63.61 %
» » »	H = 5.61 % ;	»	H = 5.60 %
» » »	N = 4.62 % .	»	N = 4.64 %

Le dérivé ci-dessus est insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide acétique et l'alcool à chaud.

Ce produit n'est pas nitré en solution acétique, même en élevant la T. jusqu'à 75°.

Lorsqu'on l'introduit en revanche dans l'acide nitrique seul, dans les proportions habituelles, en ne laissant pas la T. monter au-dessus de 15° pendant l'introduction, puis en chauffant ensuite jusqu'à apparition de vapeurs rutilantes, c'est-à-dire à 40°, on obtient un produit qui après avoir été cristallisé dans l'acide acétique, puis dans un mélange de benzène et de ligroïne est en aiguilles incolores de F = 183°. Le rendement à l'état pur a été de 70 %. Cette substance est la *nitro-2-nitrotoluène-sulfonyl-p-toluidine,*

$$C^6H^3.C.H^3.NO^2.NH.C^7H^6NO^2SO_2\ 1.2.4$$

car elle donne par saponification sulfurique la *nitro-2-p-toluidine*

[1] *Idem*, 43 (1910) 2694.

connue de F = 77°.5. et d'autre part l'analyse indique que nous avons à faire à un dérivé dinitré ; il faut donc que l'un des groupes « nitro » ait été introduit dans le résidu « toluène-sulfonyle ».

0.1465 gr. subst. 14.3 cc. N (24°; 710 mm.)
Calculé pour $C^{16}H^{15}O^{7}SN^{3}$ . . N = 10.68 %
Trouvé . . . . . N = 10.48 %

Le dérivé nitré en question est insoluble dans l'eau même à chaud, insoluble à froid dans l'alcool, peu à chaud, soluble à chaud dans l'acide acétique et le benzène, insoluble dans la ligroïne.

Il résulte de ces essais que la présence simultanée dans les dérivés diacylés examinés, des résidus acétyle et toluène-sulfonyle, parait donner de la stabilité à la molécule et dans le cas de la p-toluidine orienter le groupe « nitro » dans une autre position et en même temps en introduire un dans le résidu toluène-sulfonyle.

La présence de deux groupes acétyle, dans la molécule de la p-toluidine parait au contraire diminuer la stabilité de la combinaison.

D'une manière générale, la nitration des dérivés diacylés comparativement à celle des diverses monoacylés présente dans le résultat final des différences qui pourraient être mises à profit suivant les dérivés nitrés que l'on désire obtenir.

Genève, Laboratoire de chimie organique de l'Université.

LE TRAVAIL AU MICROSCOPE

ET L'ACCOMMODATION

PAR

F. BROCHER

Avec la collaboration du Dr **F. Doret,** médecin-oculiste

Cette note n'est qu'un très court résumé d'un travail intitulé : « L'Œil, le microscope, la chambre claire et... l'observateur ». Vu sa dimension et le sujet — très spécial — qui y est traité, ce travail n'a pu paraître dans cette revue [1]. Nous remercions infiniment sa rédaction de nous avoir offert d'en publier un résumé.

On appelle accommoder la faculté que possède l'œil de modifier son pouvoir réfracteur — par un changement de la courbure de la face antérieure du cristallin — ce qui permet de voir, avec netteté, à des distances variables.

Lorsqu'on regarde dans le lointain, l'accommodation est nulle ; le cristallin est au repos ; il est à l'état de relâchement complet. En revanche, l'effort accommodateur sera d'autant plus considérable que l'objet que l'on considère est plus rapproché. La question qui doit nous occuper est celle-ci : Comment se comporte l'accommodation, lorsque l'observateur regarde un objet, non pas directement, mais par l'intermédiaire d'un instrument d'optique, par exemple au moyen d'une loupe ou d'un microscope ?

Voici l'opinion de Verdet [2] : « L'œil s'armant de la loupe, s'efforce de voir le plus près possible, aussi, dans le même but,

[1] Paraîtra dans la *Revue médicale de la Suisse romande.*

[2] Verdet. *Conférences de physique*, 2e partie, t. IV, chap. III (traitant spécialement des instruments d'optique), pp. 945, 6, 7, *passim.*

accommode-t-il *au maximum*... L'usage prolongé de la loupe produit ou augmente la myopie, en habituant l'œil à voir *à la distance minima* de sa vue distincte... Il est à croire que, dans tous les instruments d'optique, l'œil se comporte à peu près comme pour la loupe. »

Quelques physiciens et médecins-oculistes que j'ai consultés à ce sujet, m'ont répondu de la même manière. Cette opinion correspond-elle à la réalité ?

Je ferai d'abord observer que ni Verdet, ni les physiciens, ni les oculistes n'appuient leur manière de voir par une preuve quelconque. « Il est à croire, dit Verdet, que l'œil se comporte ainsi. » Il n'énonce donc son opinion que comme une supposition. Ayant constaté que, si certains individus trouvent que l'usage du microscope leur fatigue les yeux, d'autres, au contraire, déclarent que l'emploi de cet instrument ne leur occasionne aucun malaise, j'ai supposé que, probablement, l'œil ne se comportait pas de la même manière chez les différents observateurs.

Nous avons fait, à ce sujet, quelques recherches sur différentes personnes et nous avons pu constater que tel est bien le cas.

Je ne puis décrire ici, tout au long, la méthode employée. Je dirai seulement qu'elle consiste à faire voir à l'observateur, simultanément — au moyen d'une chambre claire et d'un jeu de miroir — outre la préparation qu'il regarde au microscope, un objet A, situé dans le lointain (à 20 mètres au moins), et un objet B, assez rapproché (disons à 40 centimètres environ).

On constate que, dans ces conditions, certains microscopistes voient simultanément, tous deux ensemble et avec netteté, la préparation microscopique et l'objet éloigné A. Nous avons indiqué (p. 52) que, pour la vision d'un objet éloigné, l'œil n'accommodait pas ; on doit donc conclure que *chez les microscopistes en question, l'œil n'accommode pas non plus pour la vision au microscope.*

D'autres personnes, au contraire, déclarent voir bien la préparation microscopique, assez bien l'objet rapproché B et très mal, ou même pas du tout, l'objet éloigné A. Mais, si l'on rapproche petit à petit l'objet B, il arrivera un moment où l'ob-

servateur verra ensemble, simultanément, tous deux à la fois avec netteté, la préparation microscopique et l'objet B.

Admettons que cet objet B se trouve être, à ce moment, à 30 centimètres de l'œil et admettons aussi, pour fixer les idées, que l'observateur ait la vue normale et soit âgé de 25 ans environ. On en conclura que, lorsqu'il regarde au microscope, cet observateur accommode son œil comme il le ferait pour voir un objet placé à 30 centimètres de lui. Ce point est très important.

En effet, ce n'est pas l'accommodation maxima que pourrait avoir l'œil d'une personne âgée de 25 ans. A cet âge, l'observateur pourrait accommoder pour la vision nette à 15 centimètres. Donc *certains observateurs, lorsqu'ils regardent au microscope « en accommodant » n'utilisent pas nécessairement l'accommodation maxima de leur œil,* comme le prétendent quelques auteurs. *L'œil prend, dans ce cas, une accommodation moyenne* — variant selon les individus — qui doit, très probablement, correspondre, en général, à l'accommodation que l'observateur a coutume d'employer pour son travail habituel.

Parmi les observateurs dont l'œil « n'accommode pas », lorsqu'ils regardent au microscope, se trouvent tous ceux qui ont déclaré que l'usage de cet instrument ne les fatiguait pas. Ce sont, en général, les praticiens du microscope — *mais pas exclusivement.* Il y a, en effet, des personnes qui, la première fois qu'elles regardent au microscope, d'emblée, se servent de cet instrument sans faire intervenir leur accommodation.

Dans la catégorie des gens dont l'œil « accommode » lorsqu'ils se servent du microscope, se trouvent ceux qui se plaignent que l'emploi de cet instrument les fatigue. Ce sont, en général, les débutants en microscopie et les personnes qui ne se servent du microscope que tout à fait irrégulièrement. Mais cette division est trop exclusive et catégorique ; on ne peut pas — en se basant sur la manière dont se comporte l'accommodation — classer les observateurs en praticiens et débutants. Si la question « pratique et habitude » a une influence certaine sur manière dont se comporte l'accommodation pour la vision microscopique, il y a, en outre, l'influence d'une prédisposition individuelle dont nous ne connaissons pas l'importance.

Comme nous l'avons signalé plus haut, certains individus, la première fois qu'ils regardent au microscope, d'emblée, n'accommodent pas. Chez d'autres, au contraire, quoiqu'ils utilisent cet instrument depuis plusieurs années, leur œil accommode toujours — au moins au début de l'observation. Si celle-ci dure un peu longtemps, il arrive, en général, que, petit à petit, l'accommodation se relâche et qu'à la fin elle finisse par être nulle.

Outre l'intérêt théorique que peuvent avoir ces constatations, il en découle quelques indications pratiques que nous ne pouvons, malheureusement, que signaler ici très brièvement.

1° Etant donné que, lorsqu'on observe au microscope « sans accommoder », la fatigue oculaire est, pour ainsi dire, nulle, il y aurait avantage à ce que ceux qui ont à se servir du microscope dressent leur œil à observer avec cet instrument de cette manière. La chose est possible.

2° Si l'on sait comment se comporte l'œil de l'observateur, lorsque celui-ci regarde au microscope, on peut — quoique l'observateur ait la vue normale — au moyen de lentilles appropriées, diminuer de beaucoup la fatigue oculaire qui, pour beaucoup de microscopistes, résulte de l'emploi de la chambre claire; parce que, grâce à ces lentilles, le papier et le crayon seront vus avec beaucoup plus de netteté.

Si l'observateur *n'accommode pas,* il faut placer, sur le trajet des rayons allant du papier à l'œil, une lentille *convergente,* dont le pouvoir réfracteur doit être calculé d'après la distance à laquelle se trouve le papier sur lequel on dessine[1].

Si l'observateur *accommode,* on peut employer une lentille *divergente* appropriée, ou, ce qui est préférable, engager l'observateur à élever son papier au-dessus de la table jusqu'à ce qu'il voie avec netteté le dessin qu'il y trace. Certains myopes emploient instinctivement ce procédé.

[1] Il nous est, malheureusement, impossible d'indiquer, dans ce résumé, quel doit être le pouvoir réfracteur des lentilles à employer, suivant les différents cas qui peuvent se présenter; car cela nous entraînerait trop loin.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Septembre, Octobre et Novembre 1910

(AUTOMNE 1910)

OBSERVATIONS DIVERSES

Septembre 1910

Brouillard. — I. *Brouillard une partie de la journée* : le 21 à Savatan; les 6, 9, 13, 14, 15 et 20 à Dailly; les 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21 et 24 à l'Aiguille. — II. *Brouillard pendant tout le jour* : le 20 à Savatan.

Orage le 2.

Octobre 1910

Brouillard. — *Brouillard une partie de la journée* : les 12 et 18 à Lavey; les 13, 14 et 18 à Savatan; les 3, 13 et 21 à Dailly; les 1, 3, 4, 13 et 21 à l'Aiguille.

Fœhn : les 27 et 29 aux quatre stations.

Novembre 1910

Neige sur le sol du 18 au 20 à Lavey; les 2, 3, 6, 11 et du 17 au 28 à Savatan; les 3, 6, 7 et du 10 au 30 à Dailly et à l'Aiguille.

Fœhn : les 29 et 30 aux quatre stations; le 13 aux trois stations inférieures.

MOIS DE SEPTEMBRE 1910

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	709 7	663.4	+11.1	+ 7.1	74	91	10	10	10	0.4	....	2.0	...	0.9	....	0.9	....
2	707.7	662.1	11.1	6.9	70	89	9	6	6	2.0	....	2.5	....	4.8	....	5.1	....
3	706.7	661 5	13 1	8.7	65	63	5	6	7	....	....	1.2	....	....	....	....	....
4	704.6	659 7	12.5	9.9	69	52	6	7	7	7.0	....	2.6	....	1.9	....	1.6	....
5	704.9	659.0	8.6	6.6	92	80	9	9	9	16.0	....	18.0	....	17 6	....	18.3	....
6	704.7	659.0	10.2	7.8	96	99	10	8	9	10.0	....	11.2	....	12.6	....	13.2	....
7	705.1	660 1	12.7	9.4	67	85	6	5	8	....	....	....	....	....	....	....	....
8	703 9	659.1	12.7	9.0	75	87	6	6	9	....	....	....	....	0.7	....	0.2	....
9	703 4	658.2	11.6	8.0	85	100	10	9	10	1.5	....	1.1	....	1.6	....	1.7	....
10	703.3	658.0	12.6	8.4	70	77	6	7	9	....	....	....	....	....	....	....	....
11	701.9	656 7	11.6	8.1	65	69	4	5	6	0.7	....	0.7	....	0.7	....	0.3	....
12	**701.6**	**656.5**	11.8	8.9	86	100	10	10	9	0.3	....	0.4	....	0.4	....	1.0	....
13	702.1	656.7	12.4	7.5	**99**	99	10	10	10	17.5	....	22.0	....	**38.1**	....	**38.1**	....
14	702.4	657.0	9.9	6.8	91	100	10	10	10	1.5	....	....	....	0.7	...	1.2	....
15	704.1	658 0	10.3	7.5	91	100	8	9	8	....	....	0 8	....	0.4	....	0.2	....
16	707.9	662 0	12.1	8.7	93	100	10	9	9	3.0	....	3.5	....	3.4	....	3.6	....
17	709.7	664 2	13.1	10.3	85	100	3	5	3	...	....	....	....	....	....	....	....
18	709.8	664.1	13.7	12.4	76	58	1	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
19	706.6	661.9	14.5	11.6	72	54	7	8	7	9.2	....	10.0	....	10.2	....	9.2	....
20	702.9	658 2	12.3	8.3	98	100	10	10	10	**29.3**	...	**29 8**	....	28.6	....	27.4	....
21	704.8	658.4	7.9	4.2	76	91	9	10	9	0.5	....	1.0	....	1.6	....	1.9	....
22	708.0	660.8	**6.3**	**2.2**	**58**	61	5	9	8	....	....	....	...	....	....	...	....
23	707.9	651.4	7.8	5.0	66	60	4	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
24	707 7	661 7	9.1	5.4	78	94	9	8	8	....	....	...	....	....	....	....	....
25	707.1	662.3	9.9	8.9	77	83	1	2	1	....	...	....	....	....	....	....	....
26	709.3	664.0	11.3	12.3	75	**33**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	**710.5**	**665.4**	13.5	11.7	59	38	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
28	709 0	663.9	14.3	12.6	62	47	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	706.9	662.4	13.8	**13.4**	66	48	1	2	2	3.5	....	4.0	....	3.8	....	3.4	....
30	707.9	662.7	**+15.0**	+13.2	76	68	7	8	7	....	....	....	....	....	....	....	....
MOIS	706.07	660.61	+11.56	+ 8.69	77	78	6.2	6.4	6.6	102.4	....	110.8	....	128 0	....	127.3	....

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1910

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	705.78	705.06	705 36	705.40	660.19	660.00	659.81	660 00
2me » ...	704.94	704.72	705.01	704.89	659 54	659.49	659.58	659.54
3me » ...	707 78	707.61	708 41	707.93	662.04	662.14	662.69	662.29
Mois..	706.17	705 80	706.29	706.07	660.59	660.54	660.69	660.61

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+10.28	+13.36	+11.26	+11.63	+9.7	+14.1
2e » ...	10.44	13.60	12.46	12.17	9.8	14 5
3e » ...	8.26	13.10	11.28	10.88	7.9	14.5
Mois..	+ 9.66	+13.35	+11.67	+11 56	+9.1	+14.3

	Dailly					
1re décade...	+7.17	+ 9.46	+7.90	+8.18	+6.0	+10.5
2me » ...	8.00	10 38	8.67	9.02	6.9	11.7
3me » ...	6.70	+11.68	8.25	8.88	6.0	12.6
Mois..	+7.29	+10.51	+8.27	+8.69	+6.3	+11.6

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	85	70	74	76	90	77	80	82
2me » ...	91	80	85	85	92	85	87	88
3me » ...	80	60	68	69	72	52	62	62
Mois..	85	70	76	77	85	71	76	78

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	7.5	7.5	8.0	7.7	8.1	8.1	5.9	7.4	7.9	9.0	8.0	8 3
2me » ...	7.0	8.0	7.0	7.3	7.6	9.0	6.3	7.6	7.1	9.1	6.4	7.5
3me » ...	4.0	3.0	3.6	3.5	4.5	4.1	4.2	4.3	4.2	3.8	3 7	3 9
Mois..	6.2	6.2	6.2	6.2	6.7	7 1	5.5	6.4	6.4	7.3	6.0	6.6

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1910

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	708.38	707 66	707.89	707.98	662.41	662.14	662.16	662.24
2me » ...	705 70	705.20	705.23	705.38	660.19	659.91	659.93	660.01
3me » ...	701.23	701.14	701.31	701.23	655.35	655.67	655.67	655.56
Mois..	704.98	704.55	704.70	704.74	659.19	659.12	659.14	659.15

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 9.82	+ 13.74	+ 11.34	+ 11.63	+ 8.6	+ 15.3
2me » ...	8 40	11.88	10.36	10.21	8.2	12.8
3me » ...	7.47	11.22	9.56	9.42	6.4	11.9
Mois..	+ 8.53	+ 12.25	+ 10.39	+ 10.39	+ 7.7	+ 13.3
	Dailly					
1re décade...	+ 8.25	+ 12.01	+ 9.37	+ 9.88	+ 7.1	+ 13.5
2me » ...	7.58	11.05	8.22	8.95	6.5	12.9
3me » ...	4.93	8.08	6.15	6.39	4.0	9.1
Mois..	+ 6.85	+ 10.31	+ 7.85	+ 8 34	+ 5.8	+ 11.7

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	87	74	79	80	81	62	67	70
2me » ...	95	81	87	88	81	56	68	68
3me » ...	70	60	63	65	55	45	51	50
Mois..	84	72	76	77	72	54	62	62

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	5.1	4.7	2.9	4.2	5.0	4.1	3.1	4.1	5.3	4.7	3.0	4.3
2me » ...	6.5	4.8	4.2	5.2	5.8	6.3	6.3	6.1	5.3	4.9	4.2	4.8
3me » ...	7.5	5.5	3.4	5.5	7.9	6.3	4.3	6.2	6.8	6.4	4.7	6.0
Mois..	6.4	5.0	3.5	5.0	6.3	5.6	4.5	5.5	5.8	5.4	4.0	5.1

MOIS D'OCTOBRE 1910

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm.	o	o	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	709.9	664 0	+15.5	+14.3	79	69	2	2	4	....	....	....	....	....	....	....	....
2	708.8	663.9	**16.5**	**15.9**	77	37	7	6	3	0.7	....	0.5	....	0.3	....	0.4	....
3	710.8	664.5	12.1	9.1	**99**	100	10	10	10	**17.7**	....	**21.2**	....	**28.6**	....	**25.4**	....
4	**712.7**	**665 8**	10.7	7.4	73	79	4	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
5	710.0	664.1	10.7	8.8	79	69	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.1	660.6	10.3	8.0	68	67	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
7	703.3	658.9	7.1	8.3	84	49	3	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
8	704.0	658.6	9.5	9.1	87	61	7	8	8	....	....	0.1	....	0.7	....	1.1	....
9	706.3	660.9	12.0	9.4	73	70	2	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	706 8	661.1	11.9	8.4	83	99	5	4	7	....	....	....	....	....	....	....	....
11	704.6	659.4	10.5	10.0	88	61	1	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
12	701.4	657.0	11.7	10.6	87	61	9	10	8	1.0	....	....	....	....	....	....	....
13	703.2	658.3	11.3	8.8	90	93	7	8	9	11.0	....	11.2	....	3.9	....	4.2	....
14	709.3	663.0	9.8	9.9	99	70	8	6	3	....	....	....	....	....	....	....	....
15	710.6	663.9	11.3	9.3	91	80	7	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	709.2	663.8	10.3	10.5	92	60	0	6	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	708 2	662.6	10.1	8.0	84	69	5	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
18	707.5	662.4	10.1	8.4	80	62	6	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
19	703.0	657.4	8.7	7.6	81	63	4	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
20	**696.8**	652.3	8.3	6.5	84	62	5	5	8	9.5	....	9.6	....	7.2	....	7.9	....
21	697.4	**651.3**	**4.5**	**1.0**	96	99	10	10	10	....	....	1.2	....	1.4	....	1.5	....
22	699.5	652 1	6.0	2.3	76	74	8	10	10	....	....	4.5	....	0.7	....	0.8	....
23	699.1	653.3	7.5	4 2	68	66	2	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	700 6	654.3	8.8	4.7	43	35	10	10	10	....	....	....	....	....	....	....	....
25	705.4	659.0	10.4	7.4	56	44	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
26	706.4	660.5	10.3	8.6	57	33	2	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
27	701.3	657.7	13.7	9.7	**35**	**24**	7	8	7	....	....	....	....	....	....	....	....
28	703.3	657.6	10.3	9.7	70	28	3	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
29	702.0	657.2	13.1	8.2	38	31	4	5	3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	699.7	654.6	10.2	8.0	82	59	5	6	5	0.3	....	....	....	....	....	....	....
31	698.8	653.5	+ 8.9	+ 6.6	90	70	6	10	10	1.5	....	2.6	....	4.6	....	4.6	....
MOIS	704.74	659.15	+10.39	+ 8.34	77	62	5.0	5.5	5.1	41.7	....	50.9	....	47.4	....	45.9	....

MOIS DE NOVEMBRE 1910

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	694.9	650.3	+ 8.0	+ 5.7	88	62	10	10	10	**30.5**	....	**23.0**	....	**19.4**	....	16.6	....
2	692.0	644 4	4.5	1.1	70	65	10	10	10	8 2	....	8.0	....	6.4	6	9.4	12
3	692.8	647 0	4.3	1.7	70	69	9	10	10	16.8	....	15.8	....	11 6	....	16.1	....
4	694 7	647·7	6.2	2.9	72	63	7	9	10	2.9	....	3.8	....	1 7	...	2.7	....
5	691.3	645 5	4.1	+ 1.5	78	79	10	10	10	19.8	....	15.6	1	13.1	**13**	14.6	**18**
6	693.0	646.8	1.9	− 0.1	95	97	10	7	10	3.3	....	3.0	....	2.8	4	3.8	5
7	696.3	649.5	2.4	+ 2.7	94	84	10	10	10	6.8	...	12.6	....	8.1	....	7.4	....
8	701.1	655.0	5.3	5.6	86	63	10	9	10	0.8	....	..	..	0.4	....	0.6	....
9	702.3	656.8	**10.0**	+ 4.9	76	51	8	6	7	18.3	...	20 3	..	**19.4**	12	**22.3**	15
10	**706.0**	658.3	+ 2.0	− 2.5	68	89	7	8	8	0.1	....	1.1	....	1.2	2	2.1	3
11	700.9	654.1	− 1.0	− 3.3	82	80	10	8	10	11.6	...	12.5	2	12.3	10	13.9	12
12	705.8	657.1	+ 1 8	− 1.6	62	54	3	3	4	....	....	..	....	....	....	...	....
13	701.2	655 3	4.7	+ 1.8	**30**	**13**	1	0	0	0.2	....	....	....	0.4	1	0 9	2
14	694.7	648.9	4.5	+ 1.1	73	81	8	8	9	6.5	....	4.8	....	5.2	4	6.2	7
15	**689.7**	**644.2**	2.8	0.0	88	82	9	10	10	6.0	....	6.4	....	6.5	4	4 9	8
16	695.5	650.3	+ 1.0	− 2.1	**99**	90	9	9	10	8.8	....	12.0	1	15.7	8	12.1	10
17	695.4	649.5	− 0.7	− 4.1	59	63	7	7	9	6.0	1	7.0	8	6 7	9	6.9	11
18	697.2	650.0	− 1.4	− **4.5**	96	100	10	10	10	6.5	**2**	6.0	3	8 1	9	7.0	11
19	701.5	653.8	− 1.5	− 4.4	95	100	10	10	10	8.2	1	8.2	**12**	10.2	7	10.0	8
20	705.8	**658.4**	− 1.2	− 3.7	81	100	3	6	5	1.0	....	2.0	2	1.4	4	2.8	6
21	701.7	654.3	− 1.1	− 3.7	98	100	1	10	7	1.2	....	1.3	2	1.6	3	1.7	3
22	704.4	658 2	− 1.5	− 4.0	81	85	3	1	4	....	....	....	....	....	....	..	....
23	704.8	656.8	− **4.1**	− 4.4	58	39	2	4	2	....	....	.. .	...	.. .	....	....	....
24	704.5	657.1	− 2.6	− 1.0	62	53	0	1	4	4 2	....	4.0	3	8.8	4	8.9	4
25	698.6	652.7	− 1.9	+ 1.2	94	96	10	10	7	14.6	....	12.0	....	13.6	5	12.9	3
26	701.6	654.4	+ 1.9	− 1.0	98	100	9	10	6	1.5	....	1.4	....	0.9	1	0.7	1
27	702.4	655.7	2.1	− 0.6	66	63	6	7	7	10.5	....	11.5	....	14 8	....	12.1	....
28	701 2	655.8	5.3	+ 3.9	77	78	9	9	9	1.8	....	2.0	....	0.9	....	1.2	....
29	700.0	655.1	**10.0**	5.1	42	42	7	9	9	....	....	....	....	....	....	....	...
30	697.5	653.0	+ 9.3	+ **6.4**	56	40	6	10	7	....	....	....	....	....	....	....	....
MOIS	698.97	652.53	+ 2.51	+ 0.16	76	73	7.1	7.7	7.8	196.1	4	194.3	34	191.2	106	197.8	139

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1910

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	695.99	696.36	697.00	696.45	649.81	650.54	650.07	650.14
2me » ...	698.97	698.76	698.62	698.78	652.27	651.83	652.34	652.15
3me » ...	701.92	701.44	701.67	701.68	655.93	655.08	654.90	655.30
Mois..	698.96	698.86	699.10	698.97	652.67	652.48	652.44	652.53

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+ 3.96	+ 5.76	+ 4.90	+ 4.87	+ 1.8	+ 6.9
2me » ...	0.49	1.29	0.94	0.91	- 1.7	2.8
3me » ...	0.86	2.93	1.42	1.74	- 0.5	4.2
Mois..	+ 1.77	+ 3.33	+ 2.42	+ 2.51	- 0.2	+ 4.6
	Dailly					
1re décade...	+ 2.19	+ 3.23	+ 1.67	+ 2.36	- 0.8	+ 4.7
2me » ...	- 2.84	- 1.71	- 1.71	- 2.09	- 4.7	+ 0.2
3me » ...	- 1.40	+ 1.43	+ 0.55	+ 0.19	- 3.0	+ 2.7
Mois..	- 0.68	- 0.98	+ 0 17	+ 0.16	- 2.8	+ 2.6

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	81	73	86	80	73	63	80	72
2me » ...	76	76	77	76	75	78	76	76
3me » ...	76	64	79	73	74	57	78	70
Mois..	78	71	81	76	74	66	78	73

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	9.5	9.1	8.7	9.1	9.4	9.0	8.1	8.8	9.8	9.2	9.4	9.5
2me » ...	6.8	7.9	6.3	7.0	6.8	7.4	7.2	7.1	8.0	7.3	7.8	7.7
3me » ...	5.3	5.8	4.7	5.3	6.8	7.0	7.4	7.1	6.7	6.6	5.0	6.1
Mois .	7.2	7.6	6.6	7.1	7.7	7.8	7.6	7.7	8.2	7.7	7.4	7.8

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 18 mai 1910

Bieler. Etude sur le ray-grass. — Pelet-Jolivet et A. Siegel. Désadsorption de la laine. — Pelet-Jolivet et G. Iliesco. Observations sur le ciment Portland. — Maurice Lugeon. Sur l'éboulement de Sierre (Valais).

M. Bieler a voulu se rendre compte si une graminée commune dans les prairies, le *ray-grass,* serait capable de végéter normalement dans un sol artificiel contenant des Micas *complètement dépouillés* de leur potasse soluble par de fréquents lavages à l'acide et à l'eau. A cet effet, il a semé du ray-grass dans un pot contenant : sable quartzeux pur, Mica Muscovite en paillettes lavé, phosphate tricalcique en petite quantité, et l'a arrosé d'eau distillée d'abord, puis d'une solution nutritive, complètement exempte de potasse, contenant par litre : 1 gr. nitrate de chaux, 1 gr. nitrate de magnésie, 0.2 gr. sulfate manganèse et 0.2 gr. chlorure ferrique.

A part une légère brunissure de l'extrémité des feuilles, signe caractéristique de la pénurie de potasse, la végétation fut normale, sans toutefois produire des fleurs. Le gazon récolté fut réduit en cendres. Celles-ci contenaient de la potasse, preuve que cet alcali avait été absorbé par les racines. De quelle manière ? Deux explications se présentent à l'esprit : 1° La solution nutritive aurait attaqué les Micas et procuré ainsi de la potasse dissoute aux racines ; 2° Les racines auraient *elles-mêmes* attaqué et solubilisé les Micas.

La première explication doit être écartée, car le liquide recueilli sous le pot de culture, après son passage sous le sol artificiel, ne contenait pas de potasse. Il faut donc admettre que les racines avaient elles-mêmes attaqué et solubilisé les Micas. Cette expérience nous autorise à conclure que, dans les terres riches en Micas, les racines peuvent utiliser même la potasse censée insoluble de ces minéraux, ce qui rend souvent l'emploi des engrais potassiques superflu, du moins pour un certain temps. La réserve

de potasse des Micas, qui représente des milliers et des milliers de kilogrammes à l'hectare, est pratiquement inépuisable. Il y aurait tout avantage à l'utiliser en tirant parti du pouvoir, mobilisant exercé par les divers engrais ou amendements non potassiques, et en premier lieu les superphosphates.

En outre de la potasse, les Micas riches en *magnésie* peuvent procurer aux plantes cette base, qui fait partie intégrante de la chlorophylle, comme l'a montré M. le prof. Willstätter de Zurich.

Quelques Micas renferment du *lithium*, métal alcalin dont on peut communément déceler la présence dans les cendres de tabac.

Enfin, à peu près tous les Micas contiennent des doses variables de *fluor*. Avec les Apatites, les Phosphorites, les Tourmalines et la Fluorine, les Micas seraient une des principales sources de cet élément, qui se trouve en petites quantités dans les os et les dents, et que les animaux et l'homme se procurent dans les produits du sol. On peut même se demander si le mauvais état des dents, général dans certaines contrées, provient peut-être en partie du manque de fluor dans le sol et, par suite, dans la nourriture.

En résumé, tant au point de vue *physique* : formation d'argile, que *chimique* : nutrition minérale des plantes, les Micas peuvent jouer dans le sol un rôle agricole important.

A la suite de cette communication, M. le prof. Bugnion fait remarquer qu'en Algérie et en Tunisie, les indigènes ont des dents superbes, ce qui provient peut-être de la richesse du sol en phosphates fluorifères. Ces deux pays sont en effet renommés pour leurs magnifiques gisements de phosphates.

M. le Dr Machon, de son côté, cite l'exubérance des luzernes dans les régions andines de la République Argentine, où le sol est riche en Micas. La luzerne y est cultivée pour la graine qui fait l'objet d'un commerce important. Ces faits parlent en faveur d'une active assimilation de la potasse des Micas par cette légumineuse.

MM. Pelet-Jolivet et A. Siegel ont étudié quelque cas de *désadsorption de la laine*. La laine plongée dans une solution d'électrolytes, forme comme tous les adsorbants, une combinaison d'adsorption avec la substance dissoute.

Lorsqu'on cherche à dissocier ce genre de combinaison avec de l'eau on élimine lentement l'électrolyte absorbé, sans jamais l'enlever complètement. En lavant à l'eau distillée un grand nombre de fois dans les mêmes conditions une quantité déterminée de laine ayant absorbé de l'acide chlorhydrique, on constate :

1° Que la quantité d'acide chlorhydrique provenant de la désadsorption (dissociation par l'eau) décroît très rapidement dans les premiers lavages, puis ensuite ne diminue plus que très lentement.

2° Pendant les premiers lavages, la quantité d'eau retenue par

la laine (volume apparent) va sans cesse en croissant, passe par un maximum, puis décroît lentement.

En traitant de même de la laine combinée à d'autres électrolytes, on trouve que les phénomènes de désadsorption des électrolytes d'une part et de gonflement caractéristique de la laine, de l'autre présentent dans chaque cas la même allure.

Cette étude sur le gonflement (augmentation de volume apparent) de la laine paraît être en relation étroite avec les observations récentes de M. H. Fischer sur le gonflement qu'éprouvent les fibres animales et la fibrine au contact de solutions aqueuses d'électrolytes. Cet auteur a constaté également que le volume de la fibrine plongée dans diverses solutions augmente, passe par un maximum, puis diminue. De ces observations, M. H. Fischer déduit une explication plausible de la formation de l'œdème[1].

Les électrolytes interviennent dans ces phénomènes suivant des règles qui ne sont pas encore fixées, mais qui paraissent se relier à ce que nous savons de l'action des électrolytes sur l'état colloïdal.

MM. Pelet-Jolivet et G. Iliesco présentent quelques observations sur le *Ciment Portland*. On sait que la constitution des agglutinants hydrauliques a été l'objet de nombreuses hypothèses.

Ces hypothèses peuvent être classées en deux groupes nettement distincts : celles qui tendent à considérer le ciment comme une combinaison chimique définie entre les constituants, silice, alumine et chaux. Cette combinaison à l'état anhydre posséderait la propriété de s'hydrater avec une quantité d'eau déterminée en formant un réseau de cristaux solides (prise).

Une autre hypothèse émise depuis 16 ans par Michaelis considère les ciments comme des substances colloïdales, mais les difficultés de l'étude de l'état colloïdal sont telles que Michaelis n'a pu avancer de preuves considérées comme convaincantes par les partisans de la combinaison chimique définie.

MM. Pelet-Jolivet et Iliesco ont soumis un ciment Portland frais, non humecté, ni silosé, provenant des Usines de la Paudèze, à des traitements à l'eau distillée. Une quantité déterminée de ciment est placée au contact d'un volume d'eau très considérable, le mélange est agité fortement dans les premiers instants afin d'empêcher la prise. Lorsque le ciment est déposé, on note le volume apparent occupé par la poudre de ciment hydraté et à intervalles réguliers, on décante le liquide surnageant et l'on y dose la chaux qui s'y trouve dissoute

[1] Martin H. Fischer. Das Oedem als Kolloïdchemisches Problem nebst Bemerkungen über die allgemeine Natur der Wasserbindung in Organismen (*Kolloïd-chemische Beihefte*, Februar 1910).

Ce mode de traitement a donné les résultats suivants :

1° La quantité de chaux dissoute dans les premiers traitements décroît très rapidement, mais dans les lavages ultérieurs ne diminue plus que très lentement.

En établissant la courbe d'élimination de la chaux du ciment par l'eau on constate qu'elle présente la même allure que celle de la désadsorption de la combinaison (laine acide chlorhydrique (voir communication précédente).

2° Le volume apparent du dépôt de ciment hydraté augmente graduellement par l'action de l'eau distillée, passe par un maximum, puis décroît ensuite lentement.

Si l'on compare ces observations avec celles de la communication précédente, on trouve qu'il y a plus que de l'analogie entre la combinaison d'adsorption laine-acide chlorhydrique et le ciment.

Il paraît donc logique d'admettre que le ciment appartient au groupe des *combinaisons d'adsorption*, ce qui justifie et précise l'idée et l'hypothèse émise par Michaelis.

Afin de démontrer que le ciment se rattache aux combinaisons d'adsorption, il faudrait prouver que l'hydratation du ciment lui-même s'effectue suivant les lois connues de l'adsorption et non suivant les proportions constantes des combinaisons chimiques définies. En étudiant l'adsorption de l'eau par le ciment dans des solutions alcooliques à différentes concentrations d'eau, on trouve que la quantité d'eau fixée par le ciment augmente graduellement suivant une forme analogue à celle de l'adsorption et cela tant pour la perte à 110°, que pour la perte au feu.

M. Maurice Lugeon — *Sur l'éboulement de Sierre (Valais).* — J'ai signalé il y a quelques années[1], l'existence sur les buttes de Sierre, qui sont les restes d'une énorme masse écroulée, selon l'idée exprimée anciennement par Gerlach, des pellicules de terrain glaciaire.

De nouvelles recherches m'ont confirmé le fait. Les lambeaux morainiques sont exclusivement répartis à la surface des collines. Jamais on ne les rencontre mélangés dans l'intérieur de la masse écroulée. Il est incontestable que le glacier du Rhône a recouvert de grandes surfaces de l'écroulement. Le glaciaire, ainsi sur la colline de Géronde, peut atteindre jusqu'à 14 mètres de puissance. Il forme une couche très régulière et on peut s'assurer, par son contact avec la masse calcaire éboulée, que son histoire doit être absolument indépendante de cette dernière, c'est-à-dire qu'il ne peut avoir été entraîné par l'écroulement.

[1] Lugeon. L'éboulement de Sierre en Valais, *Le Globe*. T, XXVII, p. 82, 1898.

En compagnie de mon ami Romer, j'ai eu la chance de constater l'an dernier sur le point côté 717, près de Miège, la présence d'un lambeau de moraine de fond, avec des blocs qui atteignent un mètre cube, reposant par couple visible, dans des tranchées, sur la masse écroulée.

La présence du glaciaire sur les masses écroulées ne paraît pas être agréable à M. Brückner[1]. Malgré l'autorité de mon confrère de l'Université de Vienne, je ne puis ne pas croire à un fait très aisé à constater. Et il est d'autant plus facile à mon collègue de constater un beau lambeau morainique à cailloux admirablement striés, que ce lambeau se trouve sur le chemin suivi habituellement par les touristes qui se rendent sur la colline de Géronde.

Une monographie, en cours de rédaction, donnera tous les détails nécessaires sur mes observations, mais pour l'instant je crois maintenir l'idée que le glacier du Rhône, et un lobe du glacier du val d'Annivier, s'est étendu sur les masses écroulées de Sierre, malgré que la forme des collines, suivant M. Brückner, éloigne la possibilité d'une telle extension. Il ne suffit pas de voir les choses à distance. Rien ne vaut à ce propos que de faire, pour se convaincre, une promenade dont je suis toujours prêt à donner l'itinéraire.

Séance du 1er juin

Bugnion. Collection de peaux de serpents. — Biéler-Chatelan. Rôle de la silice dans la végétation. — Le même. Constitution volumétrique des sols. — Amann. Microscope grand modèle binoculaire. — Rosselet. Recherches sur la ionisation par les rayons ultraviolets et les rayons Rœntgen. — Mercanton. Phénomènes de convection.

M. Bugnion présente une *collection de peaux de serpents* (Ceylan) préparés par sa fille et donne à ce propos quelques détails sur les espèces suivantes :

1. Le Python anacouda *(P. reticulatus)*.
2. Le cobra ou serpent à lunettes *(Naja tripudians)*.
3. Le Karawola ou Ceylon Krait *(Bungarus ceylonicus)*.
4. La Tic polonga *(Vipera Russelii)*.
5. Le Rat-snake *(Coryphodon Blumenblachi)*.
6. Le Whip-snake *(Dryophis mycterizans)*, en français le serpent-liane.

M. Biéler-Chatelan. *Rôle de la Silice dans la végétation.* Comme suite à sa communication du 18 mai, l'auteur fait observer que, suivant MM. Sabatier et Senderens, des colloïdes

[1] Penck u. Brückner. Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. II, p. 624.

comme la silice et l'alumine peuvent exercer des effets de *catalyse*. En attendant une confirmation expérimentale, ce fait autoriserait à admettre que, dans les végétaux, la silice se comporte comme un catalysant capable de favoriser les synthèses organiques. Il ne semble pas qu'on ait encore attiré l'attention sur ce point.

M. Th. Biéler-Chatelan. — *Constitution volumétrique des sols.* — Les chimistes agricoles représentent généralement la constitution chimique des terres par les chiffres exprimant *les poids* des divers constituants, rapportés au kilogramme de terre sèche.

On obtiendrait donc une image beaucoup plus fidèle de la constitution réelle des terres en place en la représentant *volumétriquement*, par rapport au litre ou au mètre cube. Ce qui a retenu jusqu'ici les chimistes de le faire, c'est que le tassement de la terre est variable, surtout quand on l'opère artificiellement dans les laboratoires, et peut, par conséquent, faire varier le poids de l'unité de volume. Mais cet inconvénient s'annule quand on s'adresse à des terres *en place*, tassées naturellement *au maximum* (prairies ou jachères). On pourrait adopter comme unité de volume une motte de terre de 1 décimètre cube, mais le prélèvement à la bêche relativement facile dans les terres compactes, n'est guère possible dans les terres friables, sableuses ou graveleuses. Il vaut mieux prélever l'échantillon à l'aide d'une *sonde*. Les sondes proposées jusqu'ici sont trop étroites et ne conviennent qu'à des sols très fins. L'auteur a donc fait construire par M. Pilet, l'habile mécanicien de l'Université, une sonde de large diamètre, jaugeant exactement 1 litre, dont les deux extrémités se ferment par des couvercles. L'échantillon prélevé peut ainsi être transporté du champ au laboratoire sans aucun risque d'évaporation. Pour les déterminations nécessaires, on extrait le culot de la terre et on le pèse d'abord tel quel. Le poids P obtenu = poids de la terre sèche + poids de l'eau. Après dessiccation à 110° à l'étuve, on pèse de nouveau et l'on obtient ainsi le poids de la terre sèche = P′. La différence P — P′ donne le poids de l'eau. On obtient aisément les volumes correspondant à ces poids, en divisant ceux-ci par leurs densités respectives, soit 2,6 pour la terre et 1 pour l'eau. Quant au volume de l'air, il est donné par la différence :

1 litre — (volume de la terre + volume de l'eau) = volume de l'air.

La différence : (1 litre — volume de la terre) mesure l'espace vide ou volumes des pores.

Une fois que l'on connaît le poids de la terre et le volume correspondant, il est aisé d'exprimer en volume $^0/_0$ le poids des constituants donnés par l'analyse.

Par ce procédé, on peut obtenir une mesure exacte des quantités d'eau retenues en *réalité* par les sols en place, alors que les procédés usuels de laboratoires donnent généralement des chiffres variables et dépassant de beaucoup la réalité par le fait qu'ils saturent la terre d'eau et chassent tout l'air, ce qui n'arrive jamais dans le sol en place.

La mesure de l'espace vide ou volume des pores permet de se faire une idée de la capacité *maxima* des terres pour l'eau et obtenir ainsi des données pour calculer l'alimentation des sources.

Pour les terres à très gros éléments, grosseur du poing ou de la tête, il serait plus exact de prendre comme unité le mètre cube.

M. Amann présente à la Société un *microscope grand modèle binoculaire*, de la maison Ross & Cie, de Londres. Il démontre les particularités de sa construction et insiste sur l'avantage de l'observation microscopique *binoculaire* qui permet un travail prolongé sans fatigue, et une vision notablement plus exacte et plus parfaite que ce n'est le cas avec le microscope ordinaire monoculaire.

M. A. Rosselet. — *Recherches sur la ionisation par les rayons ultraviolets et et les rayons Rœntgen*[1].

M. Mercanton montre les phénomènes de convection qui se produisent dans une lampe électrique à incadescence contenant des vapeurs de benzine.

Séance du 18 juin

Machon. L'homme et les grands mammifères dans l'extrêmité australe de l'Amérique du Sud. — Wartmann. Historique des bains de Lavey. — Maillefer. Géotropisme. — E. Chuard et R. Mellet. Sables du Rhône. — Paul-L. Mercanton. Stabilité d'aimantation des poteries lacustres. — John Perriraz. Halo lunaire.

M. Machon, président, présente une étude sur l'*Homme et les grands mammifères dans l'extrémité australe de l'Amérique du Sud.*

M. Wartmann, médecin de Lavey, dans une charmante causerie fait l'*historique des bains de Lavey*, indique les méthodes employées dans l'établissement et fait part des résultats réjouissants auxquels on parvient dans le traitement de diverses maladies.

[1] Dufour et Rosselet. Nouvelles recherches sur les phén. actinoélectriques. Proc. verb. *Soc. vaud. sc. nat.*, 7 juillet 1909.

M. Maillefer présente les résultats auxquels il est parvenu en étudiant le *géotropisme*.

MM. E. Chuard et R. Mellet ont commencé une étude sur les *sables du Rhône*, dans le but d'y rechercher la présence des minéraux et minerais provenant de la désagrégation des roches qui appartiennent au bassin de ce fleuve. Dans ce travail de longue haleine ils se proposent essentiellement :

1° L'étude des sables des deux rives et aux différentes périodes de l'année, en remontant le cours du Rhône dès son embouchure.

2° L'étude des dépôts des affluents, et comparaison avec ceux du flueuve.

3° L'étude des matériaux en mouvement ou en suspension et appréciation de la quantité transportée.

Les premiers essais faits ont trait surtout aux minerais transportés par le Rhône. Ils sont basés sur les procédés industriels de cyanuration et d'amalgation. Ces expériences n'ont pas encore permis de reconnaître la présence des métaux nobles, et seront poursuivies sur une plus grande échelle. Elles ont permis cependant aux auteurs de déceler dans les sables la présence du plomb.

MM. Chuard et Mellet ont reconnu, dans les dépôts sableux, la présence d'une notable quantité de minéraux magnétiques, qui forment les 2 à 6 ‰ environ du sable tout-venant. L'analyse chimique leur a permis de reconnaître que ces particules magnétiques contiennent environ 80 % de magnétite (oxyde de fer magnétique). La présence de ce minéral en si forte proportion n'a été signalée dans aucune des autres rivières suisses. Etant donné l'énorme masse de sables déposés par le Rhône, on peut se rendre compte de la quantité considérable de minerais perdus.

La présence des particules magnétiques aurait-elle quelque influence sur l'efficacité remarquable des bains de sable de l'établissement de Lavey ? L'échantillon magnétique a été soumis à M. Bonard, professeur de minéralogie, qui a confirmé, par un examen microscopique, les résultats chimiques ci-dessus. M. Bonard admet la possibilité d'attribuer l'origine de la magnétite aux gisements du Mont-Chemin anciennement exploités.

M. Paul-L. Mercanton revient sur la question de la *stabilité d'aimantation des poteries lacustres*.

Il a pu étudier de ce point de vue les débris d'un vase du bel âge de bronze, trouvé à Corcelettes et conservé au Musée cantonal vaudois. L'état des cassures de ces fragments témoigne qu'ils ont séjourné de tout temps séparés à l'endroit où on les a découverts. Néanmoins leur distribution magnétique est restée rigoureusement telle qu'elle était pour chacun d'eux quand ils faisaient

partie du vase intact. L'action du champ magnétique terrestre non plus que les actions réciproques des tessons les uns sur les autres n'a pu altérer cette distribution.

Ce résultat confirme donc, en en accentuant beaucoup la valeur, celui fourni naguère par le vase du Boiron de Morges

Il tire un grand intérêt du fait qu'il s'agit en l'espèce d'un vase dont la pâte, tant par sa composition que par sa cuisson, est de qualité inférieure. Nous sommes donc autorisés à appliquer la méthode de Folgheraiter à un matériel céramique lacustre quelconque.

M. John Perriraz. — *Halo lunaire.* — On a pu observer le 14 avril de cette année, à 10 $^3/_4$ h. du soir, dans la vallée de Viège, un phénomène très particulier. L'observation a eu lieu à Zenggen. La lune était entourée d'un halo ordinaire qui augmenta jusqu'à 11 $^1/_2$ h., sa valeur angulaire était de 60° de diamètre. Une déformation en ellipse s'est produite, quand l'axe de la figure était perpendiculaire à la direction de la vallée ; les dimensions des deux coordonnées étaient de 1 à 2 à peu près. La disposition des couleurs était celle du spectre avec le rouge en dedans du halo. A 11 $^3/_4$ h. des franges se sont formées et ont subsisté pendant 10 minutes environ, puis le halo a diminué de grandeur tout en suivant la course lunaire ; la lune ayant disparu derrière les groupes de l'Augsborenpass, on a pu observer une partie du halo pendant quelques minutes encore, l'espace entre la lune et le halo paraissait d'un bleu intense, le reste du ciel étant d'un gris bleuté.

Séance du 6 juillet

Siegrist. Sur l'adsorption. — Murisier. Fonction pigmentaire chez l'alevin de la truite. — Maurice Lugeon. Fer magnétique sous forme de sable. — Perriraz. Contribution à l'étude des bourgeons.

M. Siegrist fait une communication résumant tout ce que l'on sait aujourd'hui sur l'*adsorption.*

M. Murisier parle de la fonction pigmentaire chez l'alevin de la truite.

M. Maurice Lugeon envoie la communication suivante : Dans la dernière séance de notre société, MM. Chuard et Mellet ont présenté les premiers résultats d'une étude sur la composition chimique et minéralogique des sables du Rhône valaisan. Ils annoncent la présence de grande quantité de fer magnétique. Cette découverte

n'est pas nouvelle. Elle est même très vieille. Dans la séance du 21 janvier 1862 de la Société vaudoise des Sciences naturelles, H. Cauderay, inspecteur des télégraphes de l'Ouest-Suisse, a présenté du *fer magnétiqe sous forme de sable, recueilli dans le limon du Rhône*. Les échantillons de Cauderay ont depuis cette époque été exposés dans les collections régionales du Musée de Géologie.

L'hypothèse formulée par M. Bonard que cette magnétite proviendrait du Mont-Chemin près de Martigny est peu admissible. Les gîtes de fer de cette région sont en effet très peu considérables et en grande partie recouverts par du glacier ou des éboulis. Mais il existe dans le Valais des masses énormes de magnétite disséminée dans les prasinites et les serpentines de la nappe du Grand St-Bernard et de la série mésozoïque. Il y a des kilomètres cubes de ces roches dans presque tous les bassins des tributaires du versant gauche. Parfois même, comme au Riffelhorn, la teneur en magnétite est si grande que j'ai vu des touristes s'amuser à faire dévier une aiguille aimantée. Il n'est donc ni nouveau ni singulier que la magnénite soit très abondante dans les sables du Rhône valaisan.

En réponse à la communication de M. Lugeon, MM. Chuard et Mellet reconnaissent en effet avoir ignoré l'observation de M. Cauderay, qu'il se seraient empressés de signaler. D'autre part il font observer qu'ils n'ont pas donné leur constatation de la magnétite, en proportions relativement importantes, pour une *découverte* et encore moins pour une découverte *singulière*, ayant l'habitude de plus de sobriété dans leurs propos. Enfin toute personne qui a quelques notions de la chimie et des recherches dans ce domaine saura faire la différence entre la simple constatation *qualitative* rappelée par M. Lugeon et une étude *quantitative* méthodique telle que celle dont MM. Chuard et Mellet se sont bornés à donner le programme en l'accompagnant de quelques résultats déjà acquis.

M. J. Perriraz. *Contribution à l'étude des Bourgeons.* — Les écailles des bourgeons fonctionnent dans un triple but. On savaient qu'elles contenaient des matières de réserve, huile, amidon, j'ai constaté en outre des différences anatomiques marquées entre les écailles internes d'un même bourgeon, soit au point de vue de la disposition des éléments soit de leur contenu. Ces écailles empêchent en outre une trop grande déperdition d'eau et à ce propos j'ai pu constater dans Fagus l'existence de deux séries de formations pileuses, la Ire est celle que l'on trouve habituellement, le IIme est composée de poils à contenu rappelant la cire des marronniers. Plusieurs auteurs avaient étudié les différences morphologiques entre bourgeons foliaires et floraux, j'ai observé que ces différences existent aussi dans la forme des bourgeons d'un même

rameau. Le nombre des écailles est plus grand dans les bourgeons terminant que dans les autres.

Par l'observation des bourgeons d'une même branche, par des mensurations nombreuses et en établissant les moyennes on arrive aux résultats suivants :

1° Une décroissance constante en dimension du bourgeon chez Ulmus par exemple, le Ier bourgeon étant représenté par 14, IIme le serait par 2, le IIIme par 9, le IVme par 7. Cette régression doit être en rapport avec les différences d'insentité dans les appels de sève.

2° Les bourgeons d'une même espèce tout en ayant une grande ressemblance de formes, possèdent une relation simple entre leurs dimensions ; ce rapport est constant pour une espèce donnée.

Les calculs basés sur 1279 bourgeons d'Ulmus ont donné un indice de corrélation de 0,991, entre la longueur et la largeur, pour Carpinus, sur 1085 échantillons, on n'arrive qu'à 0,773 ; pour Fagus 0,902. Le rapport entre la longueur serait de 1 : 2 pour la Ire espèce, de 1 : 3,5 pour la IIme, de 1 à 6,6 pour la IIIme.

Nous constatons donc l'existence d'un nouvel indice de corrélation que nous distinguerons sous le nom d'indice de corrélation gemmaire. Nous avons en outre constaté des changements d'écailles intéressants chez nos deux Fraxinus ; de purement protectrices, elles passaient au rang d'organes assimilateurs à forme pseudo foliaire.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 4 novembre 1910

A. Berthoud. Thermodynamique et théorie cinétique des gaz.

A. Berthoud. *Thermodynamique et théorie cinétique des gaz.*

D'après la théorie cinétique, les molécules d'un gaz à une température donnée n'ont pas toutes la même vitesse ou, ce qui est équivalent, la même température. Il semble qu'il y ait là une exception au second principe de la thermodynamique. Les deux théories peuvent cependant se concilier.

Les molécules inégalement chaudes constituant un gaz se comportent à certains égards comme des substances chimiques distinctes, comme des isomères d'une nature particulière, ne différant les uns des autres que par leur température et que j'appelle *isomères thermiques*. La différenciation des températures moléculaires qui, d'après la théorie cinétique, se produirait spontanément si toutes les molécules avaient à un moment donné la même température se présente ainsi comme une transformation du gaz initial en une infinité d'isomères ayant chacun une très faible concentration et par conséquent une très grande entropie. On conçoit ainsi que dans cette transformation l'entropie s'accroisse quoique les variations thermiques à elles seules soient liées à une diminution de cette grandeur et que les principes de la thermodynamique soient applicables au système constitué par les molécules d'un gaz en équilibre cinétique.

L'étude de cette question semble confirmer cette manière de voir. Les lois de la thermodynamique appliquées au système considéré conduisent à des résultats qui, pour les gaz monoatomiques, sont en parfait accord avec la formule de Maxwell. On démontre en particulier que dans l'état de répartition des molécules d'après leur vitesse, exprimé par la formule de Maxwell, l'entropie d'un gaz monoatomique est maximum.

Pour les gaz polyatomiques, il n'y a plus concordance. On ne voit guère pourquoi notre hypothèse ne s'appliquerait qu'aux gaz monoatomiques. On est ainsi amené à penser que c'est la formule de Maxwell qui ne s'applique pas au gaz polyatomiques. Cette opinion se justifie si on considère que dans les démonstrations de cette formule, il n'a été tenu aucun compte de l'énergie interne moléculaire qui cependant, ainsi que l'indique une analyse du phénomène, doit avoir une influence sur les changements de vitesse qui se produisent dans les rencontres des molécules. La répartition des molécules d'après leur vitesse devrait ainsi, conformément aux données de la thermodynamique, être fonction de la capacité calorifique des gaz.

Pour qu'il y ait dans tous les cas accord entre les formules thermodynamiques et la formule de Maxwell, il faudrait dans celle-ci, mise sous la forme :

$$n = \mathrm{K.N}\, e^{-\frac{3}{2}\frac{u^2}{g^2}} \cdot \left(\frac{u^2}{g^2}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\Delta u}{u}$$

remplacer le nombre 3, qui représente la capacité calorifique d'un gaz mono-atomique, par la capacité calorifique c_v du gaz considéré.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Otto Lummer et Fritz Reiche. Die Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop von Ernst Abbe. 1 vol. gr. in-8° de 108 p. avec 57 fig. dans le texte et un portrait, Vieweg et fils, éd. Brunswick, 1910.

Abbe a été un des maîtres les plus éminents de l'optique théorique qu'il enseignait avec la plus grande distinction et d'une façon magistrale à l'Université d'Iéna. Malheureusement il n'avait jamais donné suite à l'intention qu'il avait souvent énoncée de publier ses belles leçons en un traité qui eût été d'un prix inestimable pour la science. M. Lummer, un de ses élèves qui les avait suivies avec passion en 1887 avait eu à cœur de combler cette lacune et aidé de M. Reiche s'est donné la tâche de les reconstituer d'après ses notes de cours.

C'est le fruit de ce travail accompli avec amour par MM. Lummer et Reiche que la maison d'édition Vieweg et fils de Brunswick offre aujourd'hui au public scientifique qui en fera largement son profit.

Max Planck. Die Stellung der neueren Physik zur mechanischen Naturanschauung, Leipzig, Verl. S. Hirzel, 1910.

Nous devons nous en tenir à une simple mention, mais à une mention toute spéciale en ce qui concerne la conférence faite à la réunion de naturalistes et médecins allemands à Kœnigsberg le 23 septembre dernier sur la physique au point de vue mécanique. Passant en revue tous les systèmes proposés depuis Helmholtz, lord Kelvin, Maxwell, Hertz et d'autres, l'auteur aboutit au principe de relativité, à H.-A Lorentz l'inventeur de la notion du temps relatif, à Alb. Einstein qui a proclamé comme postulat universel la relativité de toutes les notions du temps, à H. Minkowski qui réussit à formuler la théorie de la relativité en un système mathématique bien coordonné.

Prof. Augusto Righi. Sul potenziale necessario a provocare la scarica in un gas posto nel campo magnetico. — *(Nota letta alla R. Acc. delle Sc. dell' Ist. di Bologna nella Sessione del 29 Maggio 1910). Bologna Tip. Gambrini e Parmeggiani, 1910. Estratto dal Rendiconto.*

Ce travail important que l'auteur a présenté comme une Note est en réalité un Mémoire de 29 pages, divisé en cinq chapitres. Dans le premier « *Sur la distance critique* » on lit la description de la découverte de ce phénomène anomale faite par M. Righi il y a 20 ans, puis l'historique des recherches faites par d'autres physiciens et en premier lieu par MM. Elster et Geitel. Dans le deuxième « *Phénomènes préparatoires de la décharge* », ces phénomènes sont analysés et, en discutant leur théorie l'auteur conclut que ni Warbourg, ni plus tard Lehmann, Sieveking, Meurer, ne réussirent à démontrer objectivement un transport électrique quelconque pendant les instants qui précèdent la décharge. Dans ce même chapitre et dans le suivant « *Raison des nouvelles recherches* », l'auteur discute l'action d'un champ magnétique transversal ou longitudinal, et se sert, pour expliquer l'action ionisante due exclusivement au champ magnétique, de la même hypothèse qu'il a trouvée pour l'explication de ses rayons magnétiques, mais il conclut que pour le moment il faut s'abstenir de toute interprétation théorique et se borner à la constatation expérimentale des faits nouveaux, aussi apporte-t-il ses expériences, dont il décrit les « *Dispositions expérimentales* » dans le chapitre quatrième, et il en donne les « *Résultats* » dans le cinquième, avec tables des chiffres et diagrammes graphiques.

Th. T.

P. Gruner. Elementare Darlegung der Relativitäts-Theorie, *Mitteil. d. Naturf. Gesellsch. in Bern,* 1910, Verl. K.-J. Wyss.

Ne pouvant pas songer à l'analyser ici en quelques lignes, nous devons nous borner à signaler le très remarquable exposé du principe de relativité publié par M. Gruner, le savant professeur de physique théorique à l'Université de Berne.

GÉO-PHYSIQUE

Dr Leonardo Ricciardi. Il sismismo, il vulcanismo e la costituzione geofisica del geoide. — (*Estratto dal Boll. della Soc. di Naturalisti di Napoli. Anno XXIV,* vol. XXIV, 1910). 1 vol. in-8°. Tip. F. Giannini e figli, Napoli 1910.

L'auteur, contrairement à l'opinion la plus répandue entre les géologues modernes, attribue l'origine des tremblements de terre

exclusivement aux phénomènes volcaniques, il ne voit dans les modifications tectoniques qu'un effet des premiers, et se plaint-il que les nombreux exemples apportés par lui dans ses publications depuis 1887 et spécialement dans son dernier Mémoire « *Sur le volcanisme dans le tremblement de terre du 28 décembre 1908 (Messine)* », n'aient pas réussi à modifier l'opinion courante des savants.

Quant à la cause directe des éruptions volcaniques, l'auteur déclare franchement que c'est pour lui un axiome qu'elles sont produites par la rencontre de l'eau de la mer ou de circulation avec le magma incandescent de l'intérieur du géoïde, et il combat les conclusions absolument opposées que M. Albert Brun a exposé dans ses articles parus dans les *Archives* et ailleurs. Finalement l'auteur n'admet aucun rétrécissement quelconque actuel de l'écorce terrestre. Th. T.

CHIMIE-PHYSIQUE

NERNST, W. TRAITÉ DE CHIMIE GÉNÉRALE ; TRADUCTION DE SON OUVRAGE, LA CHIMIE THÉORIQUE FONDÉE SUR LA RÈGLE D'AVOGADRO, ET LA THERMODYNAMIQUE, par A. Corvisy. Librairie scientifique A. Hermann et fils, Paris.

Les progrès rapides de la chimie physique nécessitent des remaniements fréquents des ouvrages didactiques. Tel est le cas de l'excellent traité du Prof. Nernst, qui en est à sa 6e édition allemande, ce qui démontre combien il est apprécié. Aujourd'hui nous annonçons une édition française, qui rendra de très grands services à tous ceux qui veulent travailler dans cette branche, car, comme le dit très bien le traducteur : beaucoup des nombreux travaux de chimie pratiques exécutés ces dernières années, soit en Europe, soit en Amérique, ont été inspirés par le livre de Nernst, ses recherches particulières et les théories fécondes qu'il a émises et prouvées.

Son introduction parle excellemment de l'hypothèse et de son rôle.

Comme le disait notre philosophe Ernest Naville, l'hypothèse acquiert une valeur proportionnelle au degré d'explication des faits qu'elle fournit, et c'est un travail qui peut être souvent très long, comme l'histoire des sciences le démontre ; la vérité d'une hypothèse s'établit en montrant qu'elle explique peu à peu et rend raison des faits.

L'hypothèse est donc non seulement légitime en science, mais encore fertile, par les travaux qu'elle suscite, soit qu'elle soit

reconnue fausse, soit qu'elle donne une explication d'un fait observé.

L'ouvrage de Nernst expose et développe un grand nombre d'hypothèses dont la plupart ont pris rang dans la science, et sont devenues des principes, comme l'indestructibilité de la matière et sa transformation perpétuelle, la transformation de l'énergie et sa conservation, son indestructibilité (premier principe de la théorie mécanique de la chaleur), les lois des proportions constantes et des proportions multiples, l'hypothèse moléculaire etc.

Le premier volume qui vient de paraître en traduction, s'occupe des propriétés générales de la matière, le second sera consacré au développement de l'hypothèse moléculaire, il sera donc plus que le premier d'ordre chimique ; les deux derniers étudient l'affinité chimique, les transformations de la matière et les transformations de l'énergie. Nous souhaitons de les voir paraître bientôt.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse

A. Bistrzycki et L. Mauron. Elimination d'oxyde de carbone des acides tertiaires qui se forment par combinaison de l'acide phényl-pyruvique avec les hydrocarbures aromatiques[1]. (*Ber. d. deutsch. Chem. Ges.*, t. XLIII, p. 2883-2889. Laboratoire de Chimie de l'Université de Fribourg.)

Les auteurs ont opéré avec les acides α-benzyl-ditolyl-4-4'-acétique $C^6H^5.CH^2.C(C^6H^4.CH^3)^2COOH$; α-benzyl-di-(éthyl-phényl)-acétique $C^6H^5.CH^2.C(C^6H^4C^2H^5)_2COOH$ et benzyl-di-(o-xylyl) acétique $C^6H^5.CH^2.C.(C^6H^3.(CH^3)^2)^2COOH$. Le premier a été préparé en introduisant de l'acide phényl-pyruvique dans H^2SO^4 à 95 % refroidi à —10° en remuant, puis cette solution additionnée de toluène pur a été maintenue à —3° pendant 2 heures. Cet acide est en gros prismes de F = 176°, son éther méthylique est en prismes hexagonaux de F = 117°. Lorsqu'on introduit l'acide à la température ordinaire dans H^2SO^4 concentré, la solution se colore en jaune orange et dégage lentement du CO, puis vivement à 30° ; la quantité dégagée est inférieure à celle qui est exigée par la théorie. Calculé pour $C^{23}H^{22}O^2$-CO = 8.48. Trouvé : 5.40 %. Les deux autres acides ont été préparés d'une manière analogue et se comportent de même.

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.* T. XXX, p. 212.

Fr. Fichter et W. Tamm. Réduction électrolytique des sulfochlorures aromatiques[1]. *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 43, p. 3032-3038. (Division inorganique de l'Institut de Chimie de Bâle.)

Les auteurs ont réduit par voie électrolytique les dérivés suivants : Sulfochlorure d'α naphtalène ; sulfochlorure de β naphtalène ; m-disulfochlorure de benzène ; p-sulfochlorure d'anisol ; m-sulfochlorure de nitrobenzène ; p-sulfochlorure de diméthylaniline. Ils ont obtenu en étudiant ces divers dérivés les thionaphtols, thiorésorcine, etc., correspondants qu'ils ont transformés en disulfures par oxydation au moyen de l'air de la solution rendue ammoniacale, puis des acides sulfiniques qu'ils ont isolés à l'état de dérivés hydroxylaminiques.

[1] *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXIX, p. 106.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE DÉCEMBRE 1910

Le 1, faible pluie le matin et l'après-midi.
4, faible pluie la nuit.
6, pluie à 4 h. du soir.
7, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
8, pluie dans la nuit et depuis 9 h. du soir.
9, forte pluie dans la nuit.
10, pluie depuis 9 h. du soir.
11, pluie à 7 h. du matin et de 2 h. à 6 h. du soir.
12, petite pluie à 8 h. du soir.
14, pluie à 7 h. du matin.
15, pluie dans la nuit, à 1 h. et à 7 h. du soir ; fort vent l'après-midi.
16, pluie de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
17, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée.
18, pluie à 9 h. et à 10 h. du soir.
21, gelée blanche le matin.
23, léger brouillard l'après-midi.
24, léger givre le matin.
25, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin.
26, pluie dans la nuit.
27, fort vent le matin ; légère pluie et neige.
28, pluie et neige dans la nuit ; forte bise pendant toute la journée.
29, forte bise le matin.
30, gelée blanche le matin.
31, neige dans la nuit, haut. 1 cm. ; très forte bise pendant la journée.

Hauteur totale de la neige 1 cm., tombé en 1 jour.

GENÈVE — DÉCEMBRE 1910

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	21.7	22.2	23.2	22.25	- 1.49	21.5	23.5	NW. 0	NW. 0	WNW.0	calme	1.1	10	10	10	10	...	0.1	1
2	23.7	24.1	25.3	24.29	- 2.49	23.6	25.3	WSW.0	WNW.0	NW. 0	calme	0.5	10	8	10	8	0.3	...	....
3	24.7	24.0	23.4	24.17	- 2.65	23.0	25.0	NW. 0	NNW.1	N. 1	N. 1	2.5	10	10	10	10	...	0.1	1
4	22.2	20.9	20.4	21.45	- 5.41	20.2	22.7	N. 1	N. 1	NNE. 1	N 1	3.1	10	10	10	10	..	...	....
5	19.4	18.3	18.5	19.01	- 7.89	18.1	20.4	NE. 1	NE. 1	NW. 1	NE. 1	2.9	10	10	5	10	..	...	....
6	15.4	14.7	17.9	16.32	-10.62	14.5	19.8	NNW.0	WNW.0	NNW.1	var.	2.1	10	10	8	10	..	1.6	3
7	23.1	21.9	20.7	21.63	- 5.35	20.5	23.1	WSW.0	SSW 1	SW. 1	SW. 1	2.7	10	8	7	8	3.9	2.0	2
8	18.5	13.9	12.8	15.96	-11.06	12.3	20.7	W. 0	NNE. 1	W. 1	calme	1.3	10	10	10	10	...	23.7	10
9	15.9	16.6	16.9	16.12	-10.94	13.3	17.4	WSW.1	W. 1	NNE. 1	calme	1.7	10	9	9	9	1.5	1.6	1
10	14.2	13.2	12.3	**13.49**	-13.61	12.1	15.9	WSW.1	NNW.1	WNW.1	calme	1.3	10	8	10	9	0.8	7.5	6
11	13.6	14.7	19.9	15.61	-11.53	13.4	20.7	W. 0	WSW.1	WSW.1	W. 1	3.6	10	8	9	9	3.2	6.2	6
12	22.5	22.2	25.0	22.89	- 4.29	21.2	25.4	W. 0	SW. 1	SSW. 1	SW. 1	4.0	4	8	8	6	5.4	0.1	1
13	24.3	22.0	20.2	22.48	- 4.74	18.5	24.8	NW. 1	ESE. 1	NW 0	calme	1.3	9	2	9	7	5.4	0.3	1
14	24.1	25.0	24.3	24.01	- 3.25	20.6	26.4	SW. 0	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.6	10	2	3	4	5.4	2.8	2
15	22.8	22.1	25.0	23.32	- 3.98	22.0	26.0	W 1	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 2	16.4	9	10	10	9	1.5	4.6	3
16	25.6	26.1	26.0	26.23	- 1.11	25.6	26.3	WNW.1	W. 1	SW. 1	SW. 1	1.8	10	10	8	10	...	15.6	8
17	19.8	18.9	22.0	20.94	- 6.43	18.6	24.8	WNW.1	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	6.7	10	10	10	10	..	**30.0**	**17**
18	23.3	24.5	26.6	24.25	- 3.16	22.1	27.6	SW. 1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	2.9	10	9	10	10	1.0	0.9	3
19	31.5	34.0	35.9	33.02	+ 5.57	28.0	36.1	NW. 1	NNE. 1	NW. 1	NW. 1	5.2	4	3	5	6	5.3	...	...
20	37.5	37.0	36.1	**37.01**	**+ 9.53**	36.0	**38.8**	NW. 1	NNW.1	W. 0	NW. 1	3.1	9	2	0	3	4.6	...	....
21	34.5	33.4	34.0	34.28	+ 6.76	33.0	36.0	NNW.0	N. 1	NNE. 0	NNE. 1	1.9	7	9	10	9	0.2	...	....
22	34.8	35.2	36.5	35.33	+ 7.77	34.4	36.5	E. 1	E. 1	E. 1	ESE. 1	3.8	10	10	10	10	...	...	....
23	36.1	35.8	35.2	35.93	+ 8.34	35.0	36.7	E. 1	SE. 1	W. 0	var.	2.3	10	10	10	10	...	...	....
24	33.8	31.6	28.2	32.04	+ 4.12	27.2	35.5	WSW.0	WSW.0	WSW.0	calme	0.8	10	0	10	7	2.1	2.0	1
25	24.4	22.7	22.4	23.67	- 3.98	21.6	26.9	NW. 1	WSW.1	W. 1	WSW.1	6.3	10	10	10	10	...	0.8	2
26	21.2	19.6	17.9	20.06	- 7.62	17.1	2.18	SW. 1	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	5.8	9	9	10	9	...	0.2	1
27	13.7	10.8	15.9	14.00	**-13.71**	**10.4**	16.8	SW. 1	SSW. 2	NNE. 1	SSW. 1	11.6	10	10	9	10	0.2	2.1	2
28	20.0	22.2	26.2	21.99	- 5.74	17.6	27.1	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 4	**39.3**	9	8	10	8	2.1	...	...
29	30.4	31.5	33.6	31.14	+ 3.88	27.7	33.7	NNE. 3	NNE. 2	SE. 1	NNE. 2	22.4	10	3	0	4	3.9	...	....
30	33.4	32.8	32.8	33.16	+ 5.38	32.7	34.0	ESE. 1	SE. 1	E. 1	ESE 1	2.5	1	8	10	6	4.7	0.3	1
31	34.3	33.9	34.4	34.18	+ 6.38	33.7	35.1	SE. 0	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	19.7	9	1	0	2	**7.4**	...	....
Mois	24.53	24.06	24.82	24.53	- 3.43							6.07	9.0	7.6	8.1	8.2	58.9	102.5	75

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Écart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 1.4	+ 8.7	+ 7.0	+ 6.23	+ 3.98	+ 3.5	+ 9.3	96	84	94	91	+ 6	80	98	7.0	- 0.9	1705
2	5.9	7.9	5.3	6.46	+ 4.34	4.7	8.7	97	83	97	93	+ 8	80	98	7.2	- 0.6	1665
3	5.6	6.7	5.9	5.94	+ 3.94	4.6	7.3	93	81	84	89	+ 4	75	96	7.7	0.0	1660
4	5.4	4.9	4.5	5.05	+ 3.17	3.9	5.8	84	86	90	87	+ 2	80	92	....	.....	1625
5	3.3	4.0	3.1	3.66	+ 1.90	2.4	4.8	92	90	96	92	+ 7	85	98	7.7	+ 0.2	1635
6	2.1	4.1	5.5	3.73	+ 2.08	1.5	7.1	100	92	87	95	+10	85	100	7.7	+ 0.3	1655
7	5.5	9.3	3.5	6.20	+ 4.66	2.8	10.0	96	73	93	88	+ 3	70	100	7.8	+ 0.5	1630
8	1.2	5.3	4.9	4.52	+ 3.09	2.8	5.9	98	91	100	97	**+12**	90	100	7.8	+ 0.6	1655
9	5.2	7.3	5.9	5.96	+ 4.61	4.0	9.5	100	91	94	95	+ 9	85	100	7.5	+ 0.4	1675
10	3.1	5.8	4.5	4.56	+ 3.34	2.8	6.5	96	84	96	95	+ 9	80	99	7.5	+ 0.4	1665
11	1.1	11.1	6.4	6.46	+ 5.34	3.8	11.5	98	68	94	91	+ 5	65	100	....	.. ..	1705
12	4.6	11.9	8.7	7.64	+ 6.62	4.1	**12.6**	96	70	94	83	- 3	60	99	7.8	+ 0.9	1686
13	5.0	7.4	3.6	5.51	+ 4.58	3.0	8.9	87	77	90	82	- 1	64	95	7.6	+ 0.8	1695
14	5.1	10.4	2.8	5.78	+ 4.94	1.5	10.6	86	59	92	79	- 7	58	95	7.5	+ 0.8	1715
15	6.8	9.0	9.3	7.17	+ 6.42	1.0	11.2	76	70	73	80	- 6	52	87	7.5	+ 0.9	1670
16	6.7	6.7	7.5	7.04	+ 6.37	5.5	8.2	85	94	96	90	+ 4	76	98	7.4	+ 0.9	1705
17	7.7	9.7	4.8	**7.65**	**+ 7.06**	4.2	11.0	96	89	96	93	+ 7	82	98	7.5	+ 1.0	1710
18	3.7	7.2	5.0	5.01	+ 4.50	3.0	7.5	100	75	84	87	+ 1	70	100	....	....	1805
19	4.0	6.2	2.6	4.41	+ 4.00	+ 1.9	6.7	80	51	82	**72**	**-14**	**50**	89	7.5	+ 1.2	1800
20	+ 2.6	5.6	0.8	3.14	+ 2.77	0.0	6.6	82	66	92	80	- 6	60	98	7.1	+ 0.9	1765
21	- 0.3	+ 3.2	+ 1.8	1.36	+ 1.06	- 1.2	3.5	95	80	88	89	+ 3	78	98	7.0	+ 0.8	1730
22	0.0	+ 1.1	- 0.5	+ 0.41	+ 0.17	- 1.8	+ 2.0	93	85	95	90	+ 4	80	97	7.0	+ 0.9	1720
23	- 2.5	- 2.1	- 3.1	**- 2.31**	**- 2.49**	- 4.2	- 1.8	100	96	100	**98**	**+12**	95	100	7.0	+ 1.0	1715
24	- 5.0	- 1.5	+ 1.3	- 1.89	- 2.01	- 5.7	+ 2.8	100	100	79	94	+ 8	53	100	6.9	+ 0.9	1690
25	+ 2.7	+ 5.7	3.5	+ 4.15	+ 4.08	+ 1.8	7.0	96	87	92	86	0	75	97	....	....	1630
26	1.5	6.2	3.6	3.38	+ 3.36	0.7	6.8	92	63	80	82	- 4	60	93	7.2	+ 1.4	1645
27	2.5	1.7	1.4	2.05	+ 2.08	+ 0.1	4.0	75	92	81	78	- 8	55	96	6.8	+ 1.0	1610
28	0.7	1.5	+ 1.3	1.15	+ 1.22	- 0.4	2.3	87	92	76	76	-10	54	93	6.1	+ 0.4	1705
29	+ 1.1	1.3	- 1.6	+ 0.35	+ 0.46	- 3.0	2.3	73	73	88	79	- 7	65	91	5.2	- 0.4	1625
30	- 5.5	2.1	- 0.2	- 2.20	- 2.05	- **6.3**	2.5	90	64	88	85	- 1	60	91	5.4	- 0.2	1660
31	- 0.3	+ 3.0	+ 1.5	+ 0.94	+ 1.12	- 3.2	+ 3.5	85	58	67	75	-11	55	93	5.8	+ 0.3	1615
Mois	+ 2.92	+ 5.53	+ 3.57	+ 3.86	+ 3.06	+ 1.22	+ 6.60	91	79	89	87	+ 1			7.12	+0.51	1650

MOYENNES DE GENÈVE. — DÉCEMBRE 1910

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	20.20	19.95	19.88	19.95	18.96	18.70	18.97	19.13	19.47
2e »	24.25	24.20	24.50	25.20	24.65	25 03	25.81	26.16	24 98
3e »	29.05	28.81	28.79	29.09	28.15	28.24	28.69	28.85	28.71
Mois	24.65	24.47	24.53	24.89	24.06	24.13	24.63	24.85	24.53

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 4.90	+ 4.70	+ 4.50	+ 5.00	+ 6.40	+ 6.02	+ 5.29	+ 5.04	+ 5.23
2e »	+ 4.98	+ 4.94	+ 5.06	+ 6.34	+ 8.52	+ 7.27	+ 5.92	+ 4.84	+ 5.98
3e »	+ 0.28	− 0.26	− 0.46	+ 0.43	+ 2.02	+ 1.69	+ 1.05	+ 0.63	+ 0.67
Mois	+ 3.29	+ 3.02	+ 2.92	+ 3.81	+ 5.53	+ 4.89	+ 3.99	+ 3.41	+ 3.86

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	95	94	95	94	85	89	91	94	92
2e »	87	89	89	85	72	76	83	88	84
3e »	86	87	90	86	81	79	84	85	85
Mois	89	90	91	89	79	81	86	89	87

Dans ce mois l'air a été calme 242 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{69}{44} = 1.57$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	24.47
Nébulosité	8.2
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+ 4°.01
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+ 3°.90
Fraction de saturation.....	86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	27.96
Nébulosité..	(1847-1875).	8.3
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	51mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	9
Température moyenne ...	(id.).	+0°.80
Fraction de saturat.	(1849-1875).	86°/°

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CELIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIERES
Hauteur d'eau en mm.	137.3	128.9	116.0	108.4	117.4	120.1	108.1

Station	VERNIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	117.3	102.5	95.6	98.2	111.3	111.8

Insolation à Jussy : 43h9 en decembre.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1910

Le 1, fort vent et neige le soir.
2, fort vent le soir.
3, forte bise le matin, très fort vent le soir
4, fort vent le soir.
les 5, 6 et 7, très fort vent et neige.
le 8, vent très violent et neige.
les 9, 10 et 11, très fort vent et neige.
le 13, fort vent le soir.
15, neige le soir.
les 16 et 17, fort vent et neige.
18 et 19, très forte bise et neige.
le 20, forte bise.
24, neige le soir.
les 25, 26 et 27, forte bise et neige.
28 et 29, forte bise.
30 et 31, très violente bise.

GRAND SAINT-BERNARD — DÉCEMBRE 1910

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	59.8	59.8	59.9	59.8	- 2.1	59.5	60.0	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	4.1	6
2	60.1	60.8	62.4	61.1	- 0.8	60.0	62.5	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	....	....
3	62.0	62.2	62.1	62.1	+ 0 2	61.8	62.4	NE. 2	NE. 1	SW. 3	NE. 2	2	10	10	7	....	....
4	61.6	62.6	60.8	61.7	- 0.2	60.5	62.9	SW. 1	SW. 1	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	....	....
5	59.7	59 5	60.0	59.7	- 2.2	59.3	60.1	SW. 4	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	**43.5**	**35**
6	56.7	57.1	58.3	57.4	- 4.4	56.6	58.6	SW. 4	SW. 5	SW. 3	SW. 4	10	10	10	10	14.0	12
7	59.8	59.8	59.2	59.6	- 2.2	59.0	60.1	SW. 2	SW. 2	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	8.3	8
8	58.8	57.1	55.8	57.2	- 4.6	55.0	60.0	SW. 5	SW. 5	SW. 5	SW. 5	10	10	10	10	21.3	18
9	54.0	54.8	55.9	54.9	- 6.9	53.9	56.2	SW. 4	NE. 1	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	3.5	3
10	55.0	54.7	54.8	54.8	- 7.0	54.5	55.2	SW. 4	SW. 4	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	24.5	18
11	54.5	55.0	58.0	55.8	- 5.9	54.3	59.0	SW. 4	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	9.2	10
12	60.1	60.9	62.4	61 1	- 0.6	59.8	62.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	5	2	3	....	....
13	62.9	61.4	60.6	61.6	- 0.1	60.3	63.0	NE. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	5	10	6	....	....
14	59.1	60.6	61.6	60.4	- 1.3	58 9	61.8	SW. 1	NE. 1	NE 1	NE. 1	10	2	0	4	....	....
15	61.5	60.1	61.9	61.2	- 0.5	59 8	62.1	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	28.0	**35**
16	63.4	64.0	64.6	64.0	+ 2.4	62.5	65.0	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	16.5	17
17	61.8	60.0	57 8	59.9	- 1.7	57.4	62.4	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	19.7	22
18	57.0	57.8	59.1	58.0	- 3.6	56.9	62.1	NE. 4	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	7.5	8
19	63.0	64.8	67.1	65.0	+ 3.4	62.7	67.4	NE. 3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	10	10	5	8	0.7	....
20	69.0	69.7	70.2	69.6	+ 8.0	68.0	70.4	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	5	0	5	....	....
21	69.1	69 0	69.1	69.1	+ 7.5	68.8	69.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	4	0	1	....	....
22	69.4	69 9	70.7	**70.0**	+ **8.5**	69.0	**70.9**	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
23	69.4	69 5	69.3	69.4	+ 7.9	69.0	69.8	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
24	67.0	66 2	64.2	65.8	+ 4.3	63.5	67.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	10	3	7.7	10
25	59.5	56.8	55.9	57.4	- 4.1	55.4	60.8	NE. 2	SW. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	8.2	9
26	54.4	53.8	52.5	53.6	- 7.9	51 6	54.8	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	10	0	7	1.7	4
27	49.2	46.1	48.5	**47.9**	**-13.6**	**45.9**	52.0	SW. 1	NE. 1	NE. 4	NE. 2	9	10	10	10	5.4	12
28	52.7	54.8	58.9	55.5	- 5.9	52.5	60.3	NE. 3	NE 1	NE. 1	NE. 2	10	1	0	4	....	....
29	61.3	62.6	64.3	62.7	+ 1.3	61.0	64.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
30	64.1	63.2	61.9	63.1	+ 2.7	61.5	64.2	NE. 3	NE. 2	NE. 5	NE. 3	2	8	10	7	....	....
31	62.4	62.6	63 0	62.7	+ 1 3	62.1	63.2	NE. 4	NE 5	NE. 4	NE. 4	8	5	0	4	....	....
Mois	60.59	60.56	60.99	60.71	- 1.61							7.3	7.3	6.7	7.1	223.8	227

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 4.2	- 2.5	- 3.5	- 3.4	+ 3.3	- 4.2	- 2.3	100	100	100	100	97	100
2	- 4.2	- 3.5	- 5.3	- 4.3	+ 2.5	- 5.3	- 3.3	100	100	100	100	98	100
3	- 7.2	- 4.3	- 5.6	- 5.7	+ 1.2	- 8.1	- 4.1	98	90	98	95	87	99
4	- 5.6	- 5.3	- 5.3	- 5.4	+ 1.6	- 7.6	- 5.2	98	100	100	99	93	100
5	- 5.2	- 4.6	- 5.2	- 5.0	+ 2.0	- 6.3	- 4.4	100	100	100	100	97	100
6	- 4.3	- 3.4	- 4.2	- 4.0	+ 3.1	- 6.0	- 3.2	100	100	100	100	98	100
7	- 3.6	- 4.3	- 4.6	- 4.2	+ 3.0	- 5.0	- 3.4	100	100	100	100	98	100
8	- 5.8	- 5.2	- 5.5	- 5.5	+ 1.8	- 6.4	- 4.8	100	100	100	100	97	100
9	- 4.6	- 3.2	- 4.6	- 4.1	+ 3.3	- 6.1	- 3.0	100	100	100	100	98	100
10	- 6.3	- 6.3	- 5.5	- 6.0	+ 1.4	- 6.3	- 5.4	100	100	100	100	99	100
11	- 5.5	- 5.4	- 5.5	- 5.5	+ 2.0	- 7.0	- 5.2	100	100	100	100	98	100
12	- 6.2	- 5.6	- 6.6	- 6.1	+ 1.5	- 7.2	- 5.0	100	97	97	98	93	100
13	- 8.3	- 7.4	- 7.5	- 7.7	- 0.1	- 8.4	- 6.8	96	96	96	96	91	98
14	- 6.5	- 5.4	- 8.2	- 6.7	+ 1.0	- 8.4	- 5.0	96	97	90	95	87	98
15	- 7.2	- 5.3	- 4.6	- 5.7	+ 2.1	- 7.2	- 4.2	92	95	98	95	85	99
16	- 5.3	- 2.5	- 2.2	**- 3.3**	**+ 4.5**	- 7.0	**- 0.2**	64	91	100	83	43	100
17	- 3.6	- 4.6	- 5.2	- 4.5	+ 3.4	- 6.0	- 1.1	100	100	100	100	94	100
18	- 7.5	- 7.6	- 8.6	- 7.9	+ 0.1	- 9.1	- 4.5	100	100	100	100	91	100
19	- 9.5	- 9.5	-11.5	-10.2	- 2.2	-12.0	- 8.0	98	100	94	97	90	100
20	- 8.4	- 6.4	- 7.3	- 7.4	+ 0.7	-13.0	- 6.0	96	96	56	83	47	98
21	- 6.2	- 5.3	- 6.6	- 6.0	+ 2.1	- 7.2	- 4.6	42	54	45	47	36	58
22	- 5.6	- 5.2	- 5.4	- 5.4	+ 2.8	- 6.2	- 4.0	37	52	47	**45**	**31**	55
23	- 6.2	- 5.5	- 6.6	- 6.1	+ 2.1	- 7.0	- 4.5	42	50	54	49	38	57
24	- 7.2	- 3.6	- 4.4	- 5.1	+ 3.2	- 7.2	- 2.0	51	44	66	54	39	69
25	- 4.4	- 6.2	- 8.6	- 6.4	+ 1.9	- 9.1	- 2.0	90	98	96	95	86	99
26	-11.2	- 9.5	-12.3	-11.0	- 2.6	-12.6	- 9.0	95	96	96	96	91	98
27	-11.5	- 9.2	-12.2	-11.0	- 2.6	-14.0	- 8.5	95	96	98	96	83	99
28	-15.3	-14.6	-11.6	-13.8	- 5.4	-16.0	-10.0	94	92	89	91	82	96
29	-10.2	-10.5	-11.2	-10.6	- 2.1	-12.0	- 8.4	73	65	50	63	44	77
30	-11.3	- 6.3	-13.2	-10.3	- 1.8	-14.0	- 5.0	59	54	96	70	37	98
31	-15.2	-14.4	-15.5	**-15.0**	**- 6.4**	**-17.0**	-12.0	93	75	87	85	67	96
Mois	- 7.20	- 6.21	- 7.23	- 6.88	+ 0.71	- 8.65	- 5.00	87	88	89	88		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1910

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	58.75	58.84	58.92	58.84	100	99	100	100
2e »	61.23	61.43	62.33	61.66	94	97	93	95
3e »	61.68	61.32	61.66	61.55	77	78	82	79
Mois	60.59	60.56	60.99	60.71	87	88	89	88

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 5.10	— 4.26	— 4.93	— 4.76	— 4.80
2e »	— 6.80	— 5.97	— 6.72	— 6.50	— 6.55
3e »	— 9.48	— 8.21	— 9.78	— 9.46	— 9.31
Mois	— 7.20	— 6.21	— 7.23	— 6.88	— 6.97

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{86}{113} = 0.76$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	69.6	26.6	35.7	223.8
Neige en centimètres....	6	6	38	227

ÉTUDE

DE

L'AIMANTATION DES CORPS FERROMAGNÉTIQUES

AU-DESSUS DU POINT DE CURIE

PAR

Pierre WEISS et G. FOËX

(Suite et fin)

Résultats

Magnétite. — Les expériences ont porté sur trois échantillons de magnétite artificielle, préparée en grillant au chalumeau à oxygène et gaz d'éclairage de l'oxyde de fer Fe_2O_3 chimiquement pur. A haute température cet oxyde perd de l'oxygène en donnant de la magnétite.

On évite la réoxydation aux températures peu élevées en enfermant les échantillons dans des enveloppes de platine que l'on soude ensuite au chalumeau. Une tige soudée à l'enveloppe permet de fixer le tout au tube de silice.

Deux des échantilllons (1 et 2), qui avaient probablement été maintenus en fusion pendant un temps trop court, pour chasser tout l'oxygène en excès, ont donné des résultats irréguliers aux températures supérieures à 700 degrés. On trouvait bien en apparence une courbe unique pour représenter χ en fonction de T, mais cette courbe se déplaçait d'une série d'expériences à l'autre.

Les résultats donnés par l'échantillon 2 qui, au-dessous de 700, se plaçent sur une courbe unique et concordent avec ceux de l'échantillon 3 ont été conservés. Ce dernier échantillon a été préparé avec plus de soin. On a maintenu la fusion jusqu'à cessation complète du dégagement d'oxygène. Aussi a-t-il toujours donné des résultats concordants.

TABLEAU I. — *Magnétite* [1].

Echantillon 2

Températures t	$\chi.10^6$	$C=\chi(t-\theta)$
595,3	276	$\chi.(t-581)=0,00394$
621	108,4	434
622,5	106,4	441
642	81	$\chi.(t-558)=$ 680
666,5	63,2	686
701	39,3	$\chi.(t-433)=$ 1053
604	196,6	$\chi.(t-581)=0,00452$
608,5	161,6	445
630,5	92,5	$\chi.(t-558)=$ 671
642	80,42	675
656	69,67	682
659	70,45	712
670,5	63,36	713
680	58,84	717
685,5	53,31	Région ψ
691	43,54	

Echantillon 3 (masse 0,4141)

Température t	$\chi.10^6$	$C=\chi.(t-\theta)$
625	104,1	$\chi.(t-558)=0,00697$
626	102,4	697
641,2	82,42	696
671	61,00	689
677	55,92	665
699	40,50	$\chi.(t-433)=0,01078$
720	37,10	1064
747,5	33,95	1068
792	30,46	$\chi.(t-194)=0,01821$
599	242,7	$\chi.(t-581)=0,00449$
610	152,5	442
646	77,98	$\chi.(t-558)=0,00686$
647	77,05	686
662	66,67	693
676,5	56,87	674
680,5	54,92	672
687,5	46,66	Région ψ

[1] La plupart des calculs ont été faits avec un cercle à calculs qui a une précision suffisante. t et θ indiquent les températures de l'échelle ordinaire, T et Θ celles de l'échelle absolue.

Température t	$\chi.10^6$	$C=\chi.(t-\theta)$
618	120,2	$\chi.(t-581)=0,00445$
659,6	67,17	$\chi.(t-558)=0,00682$
681,8	53,47	662
683,5	51,42	
688,5	44,83	Région ψ
695	41,46	
703,2	39,55	$\chi.(t-433)=0,01068$
717	37,12	1054
730	35,84	1064
743	34,19	1060
757	32,66	1057
786,5	30,90	$\chi.(t-194)=0,01830$
820	29,22	1829
589,5	521,2	$\chi.(t-581)=0,00444$
592	456,7	501
605,5	178,8	438
679	56,11	$\chi.(t-558)=0,00679$
687	49,99	
693	42,19	Région ψ
695	41,38	
703,5	39,43	$\chi.(t-433)=0,01068$
711,5	38,09	1082
736	34,81	1055
746,5	33,66	1055
774	31,73	$\chi.(t-194)=0,01834$
788,5	30,60	1820
811	29,28	1806
851,5	27,61	1816
891,5	26,16	1825

Il n'a pas été tenu compte de l'action du support. Elle n'atteint pas 2 % dans les cas les plus défavorables, son influence sur les constantes de Curie est plus faible encore.

Les observations contenues dans le tableau I ont été représentées dans la fig. 4, dans laquelle les températures ont été portées en abscisses et les inverses des coefficients d'aimantation spécifique en ordonnées. On obtient ainsi une ligne droite toutes les fois que la loi théorique

$$\chi.(t-\theta)=C$$

est satisfaite, et la constante de Curie C est l'inverse du coefficient angulaire de la droite.

La fig. 4 montre que les observations se placent sur quatre droites successives dont la première et la seconde ainsi que la troisième et la quatrième se juxtaposent exactement, tandis que le passage de la seconde à la troisième se fait par une

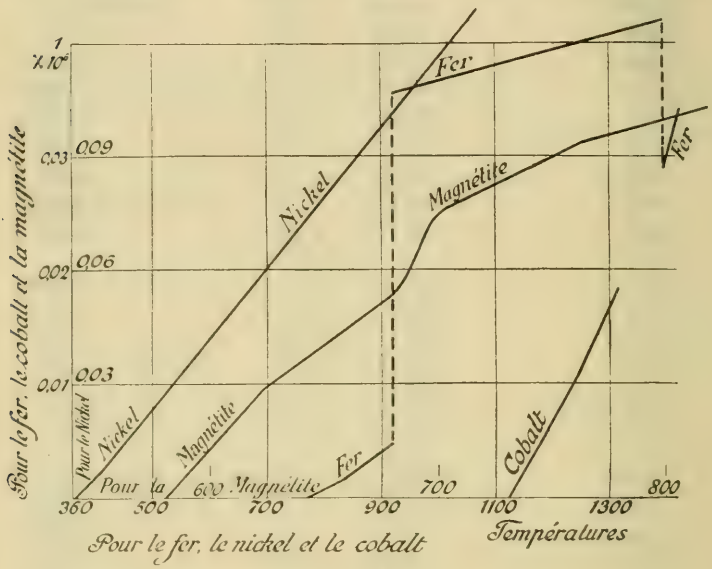


Fig. 4

région de transition d'une trentaine de degrés, dans laquelle la courbe a un point d'inflexion. Nous désignerons les régions analogues que nous rencontrerons à plusieurs reprises dans la suite par la lettre ψ. Ces quatre droites caractérisent quatre états de la magnétite.

Nos mesures s'arrêtent à 900°. Les tentatives que nous avons faites pour les étendre au-delà n'ont pas été satisfaisantes, les différentes séries de mesures faites avec les différents échantillons, ou aussi avec le même, donnant des droites à peu près parallèles entre elles, mais nettement déplacées les unes par rapport aux autres. Peut-être cela est-il dû à des faux équilibres entre différents états physiques de la matière. Les expériences de Curie, sur lesquelles ont reconnaît la trace des mêmes complications, s'étendent jusqu'à 1360°. D'après lui, aux températures les plus élevées, la substance est purement

paramagnétique avec un coefficient d'aimantation spécifique inversement proportionnel à la température absolue. En adoptant les mesures de Curie, avec lesquelles les quelques déterminations que nous avons faites dans la même région s'accordent suffisamment, jusqu'à ce que la cause des irréversibilités thermiques ait été élucidée, on serait amené à ajouter au diagramme une cinquième droite qui passerait par le zéro absolu. Les données concernant ces cinq droites sont réunies dans le tableau suivant :

TABLEAU II

Intervalle de température	Point de Curie (temp. absolue)	Constante de Curie
581°—622°	581°+273°	0,00445
622°—680°	558°+273°	0,00682
680°—710° (Région ψ)	—	—
710°—770°	433°+273°	0,0105
770°—900°	194°+273°	0,0180
900°—1360° (Curie)	0	0,028

Ces données ont été déterminées graphiquement. Le degré d'approximation des lois de variation rectiligne est exprimé par les nombres de la troisième colonne du tableau 1. Remarquons encore que les expériences de Curie qui étaient trop écartées et trop peu précises pour lui permettre de reconnaître les changements de caractère du phénomène, donnent du côté des températures les plus basses une constante C = 0,00456 qui concorde bien avec la nôtre 0,00445, quoique le point $\Theta = 537° + 273°$, trouvé par Curie soit notablement plus bas.

Nickel. — Les mesures ont été faites sur un échantillon de nickel pur de Merck. Il était taillé sous forme d'ellipsoïde et fixé sur le tube de silice au moyen d'un collier d'argent. Le grand axe de l'ellipsoïde était dans le prolongement du tube (normal au champ).

Les expériences à basses températures ont été faites dans un four à chemise de cuivre. Pour les températures plus élevées on s'est servi du four en nickel, puis d'un four en platine.

Les résultats ont été les suivants :

TABLEAU III

Températures t	$\chi.10^6$	$C = \chi(t-\theta)$
380,5	429,5	$\chi(t-364°)=0,0071$
384,0	323,2	65
386,2	319,0	71
388,4	266,9	65
398,5	199,7	69
407,5	153,9	67
414,2	132,2	$\chi(t-372°)=0,00558$
420,5	116,7	566
425,8	103,4	556
428,4	99,82	563
443,5	78,70	574
448,3	75,22	561
458,0	65,29	561
461,0	63,61	566
468,2	58,33	561
489,3	48,22	565
493,5	47,12	572
499,5	43,38	553
509,3	40,67	558
524,0	36,79	559
533,6	33,93	548
555,6	30,03	551
556,0	29,83	548
560,0	29,50	555
568,0	28,06	550
589,5	25,74	560
614.7	22,81	553
641,0	20,63	555
674,0	28,06	549
715,5	16,18	556
748,4	14,74	555
780,0	13,57	567
821,5	12,36	555
870,2	11,05	550
		Moyenne 0,00558
712,8	17,5	597
899	10,4	548
944	10,2	583
945	9,3	534
987	9,25	569
1101	8,00	583
1102	8,08	590
		Moyenne 0,00572

En portant $1 : \chi$ en fonction de t on obtient une première partie rectiligne coupant l'axe des températures à 364°, et représentant les expériences jusqu'à 412°. La constante de Curie qui lui correspond est environ 0,0066. Ce n'est sans doute pas un intervalle dans lequel la constante de Curie a une valeur déterminée, mais le commencement d'une région de transition dont l'existence a été reconnue par des expériences spéciales sur les propriétés dans le voisinage immédiat du point θ.

Une deuxième droite, qui coupe la première à 412°, en faisant avec elle un petit angle et se prolonge jusqu'à 870°, est caractérisée par $C = 0{,}00555$ et $\theta = 372°$, déterminés graphiquement.

La dernière série d'expériences a été faite très rapidement dans le four en platine : elle avait pour but de rechercher d'une façon tout à fait qualitative si la droite précédente se prolonge encore à haute température. Tous les points de cette dernière série sont un peu déplacés par rapport aux précédents vers les hautes températures, probablement par suite d'un réglage défectueux. La valeur moyenne du produit $\chi(t - \theta)$ pour ces dernières expériences est de 0,00572, c'est-à-dire de 2,5 % supérieur à celle des expériences précédentes. Mais ce produit a sensiblement la même valeur pour le point à 712°, pris dans la région commune et pour le point extrême à 1102°. Il est donc extrêmement probable que le même état de la matière persiste sans l'apparition d'aucun phénomène nouveau jusqu'au delà de 1100°. La grande étendue de cet intervalle à propriétés constantes est extrêmement remarquable.

Fer. — On s'est servi, pour les mesures sur le fer, de deux échantillons. Le premier, destiné à l'étude du voisinage du point de transformation, où les attractions sont très fortes, était un petit cylindre pesant 0,1176 gr. Le deuxième était un ellipsoïde du même fer (électrolytique Merck) ; il pesait 0,4682 gr. et a servi pour les mesures à haute température.

Quand on porte (fig. 4) $1 : \chi$ en fonction de la température, on trouve des droites comme pour les corps précédents, avec la différence que, pour le fer, il y a deux discontinuités aux températures de 920° et 1395°. Ces températures séparent la première,

les régions du fer β et du fer γ d'Osmond, et la seconde, celles du fer γ et du fer δ, ainsi appelé par extension de la même nomenclature, dans laquelle la désignation de fer α est réservée à l'état fortement magnétique au-dessous du point de Curie.

Il avait semblé possible de généraliser ces désignations en les étendant à tous les corps passant aux diverses températures par différents états magnétiques, et notamment d'appeler d'une manière générale région γ, toute région de paramagnétisme pur caractérisée par un coefficient d'aimantation inversement proportionnel à la température absolue, comme Curie avait pensé que ce fût le cas pour le fer γ. Nos expériences ayant mis hors de doute que celui-ci se comporte en réalité d'une manière différente, il vaut mieux limiter l'emploi de ces notations, α, β, γ, δ, au fer et à ceux de ses alliages où la continuité des propriétés exclut toute ambiguïté et distinguer, pour les corps magnétiques, les régions de ferromagnétisme spontané, de ferromagnétisme sollicité par un champ extérieur et de paramagnétisme.

1. *Région* β. — La région β s'étend depuis le point de Curie ($\theta = 774°$) jusque vers 920°. Les résultats des mesures dans cette région, ont été les suivants :

TABLEAU IV

Echantillon 1

Température t	$\chi.10^6$	$C=\chi(t-\theta)$
875,5	316,1	$\chi(t-790)=0,0270$
855	411,8	267
810	1082	$\chi(t-774)=0,0391$
803	1377	399
802	1438	402
787,5	2978	402

Echantillon 2

822	825	$\chi(t-774)=0,0396$
834	620	$\chi(t-790)=0,0272$
870	349,8	280
870	337,3	270
889	273,4	271
903	244,6	276
915	217,9	272

Ces deux séries, faites avec des échantillons différents, l'une en faisant baisser la température et l'autre en la faisant monter, ont donné des résultats concordants. La courbe obtenue se compose de deux portions de droites. La première représente les expériences entre 774° et 828°, elle fournit une constante de Curie égale à 0,0395 et un point θ situé à 774°. Dans cette région, que nous appellerons β_1, le coefficient d'aimantation spécifique varie suivant la loi :

$$\chi(t-774)=0,0395$$

La constante de Curie 0,0395 n'est pas très bien déterminée parce que l'intervalle de température qui lui correspond est très petit (35°) et parce que, dans cette région, les attractions sont déjà un peu grandes pour l'appareil.

Entre 828° et 920°, région β_2, le coefficient d'aimantation spécifique est donné par :

$$\chi(t-790)=0,0273$$

Nos expériences montrent donc bien quel est le caractère des deux régions dont Curie a le premier reconnu l'existence dans le fer β.

Les expériences de Curie, dans la région β, conduisent à un point θ notablement plus bas que le nôtre (746° au lieu de 774°). Cet écart peut provenir de plusieurs causes : Curie se servait d'un four à noyau de porcelaine, dans lequel la température était loin d'être uniforme, il dit lui-même que les températures les plus élevées ne sont pas sûres à plus de 10° ou 20° près. D'autre part, les échantillons de Curie contenaient tous un peu de carbone qui pouvait abaisser les points de transformation magnétique. La valeur de la constante C que l'on peut déduire des expérience de Curie est un peu incertaine : suivant l'intervalle de température que l'on envisage et suivant l'échantillon, on trouve des valeurs échelonnées entre 0,034 et 0,041. Pour la deuxième portion de droite on peut hésiter entre 0,016 et 0,026.

II. *Région γ.* — Quand on fait monter la température un peu au-dessus de 920° et qu'on la maintient ensuite constante, le coefficient d'aimantation spécifique diminue en fonction du temps et d'autant plus vite que la température est plus élevée. A 922°, ce coefficient met une demi-heure à passer de 90.10^{-6}

à 60.10^{-6}, tandis qu'à 940° il suffit d'un quart d'heure pour passer de 150.10^{-6} à 28.10^{-6}. La valeur limite semble être à 940° voisine de 28.10^{-6}. Si l'on fait, au contraire, baisser la température à partir de 940°, les mêmes phénomènes se produisent en sens inverse ; le coefficient augmente et tend vers une valeur limite qui est atteinte d'autant plus vite que la température est plus basse. Vers 920°, le coefficient d'aimantation passe de 28.10^{-6} à 210.10^{-6} environ.

Il semble bien d'après cela que les fers β_2 et γ se comportent comme deux phases en équilibre. Si la température, au lieu de rester invariable pendant toute la transformation, continue à se modifier quand on fait varier le courant de chauffage, cela peut tenir à ce que le couple ne touche pas la substance et que les différences de température avec l'enceinte ont pour effet de fournir la chaleur latente nécessaire à la transformation. Mais il se produit plus probablement quelque chose d'analogue aux retards à l'établissement de l'équilibre dans une solution de sucre en contact avec de gros morceaux.

Au-dessus de 920°, la concordance des expériences n'est plus très bonne par suite de la difficulté qu'il y a à préserver le fer de l'oxydation. Il est possible, cependant, d'affirmer que la variation de $1 : \chi$ est sensiblement linéaire en fonction de la température, mais que la droite est moins inclinée sur l'axe des températures que ne l'exigerait une susceptibilité inversement proportionnelle à la température absolue. Cela résulte de la troisième colonne du tableau suivant :

TABLEAU V

Température t	$\chi.10^6$	$\chi(t+273°)$
966	26,52	0,0328
1013	26,23	337
1071	25,91	348
1108	25,62	354
1147	25,33	360
1186	25,13	367
1215	25,42	378
1257	25,35	388
1303	25,18	397

Température t	$\chi.10^6$	$\chi(t+273^\circ)$
1022	27,20	352
1117	26,16	364
1165	25,81	371
1227	25,16	377
1272	24,86	384
1096	25,86	328
1302	24,18	381
1022	27,40	355
1303	24,33	383
1356	24,15	393

Nos expériences sur la région γ du fer conduisent donc à une conclusion différente de celle à laquelle Curie avait cru pouvoir s'arrêter. La susceptibilité décroît plus lentement que l'inverse de la température absolue. Le fer γ se comporte comme un corps ferromagnétique dont le coefficient du champ moléculaire serait négatif et où, par conséquent, le champ moléculaire serait démagnétisant au lieu d'être magnétisant. C'est la première fois que l'on est amené à donner ce signe au champ exercé sur une molécule magnétique par l'ensemble de celles qui forment sa sphère d'action moléculaire, mais il ne semble pas qu'il puisse y avoir d'objection de principe à cela.

La faible inclinaison de la droite empêche de donner des valeurs numériques exactes pour la constante et la température du point de Curie, mais on peut les évaluer grossièrement à :

$$C=0{,}072 \qquad \Theta=-1340 \text{ abs.}$$

Région δ. — La droite de la région γ se prolonge jusque vers 1395°. A cette température, une nouvelle transformation brusque se produit. Le coefficient d'aimantation passe de $24{,}1.10^{-6}$ à $35{,}1.10^{-6}$. Il recommence ensuite à décroître très rapidement.

La température du passage a pu être observée directement. On faisait monter lentement la température en suivant les déplacements du trait lumineux fourni par le miroir de l'équipage mobile. A 1396°, la déviation de ce trait a passé de 67mm. à 97 mm., ce qui correspond (toutes corrections faites) aux susceptibilités indiquées plus haut.

On a pu mesurer ensuite les susceptibilités suivantes :

$$t=1401^\circ \qquad \chi.10^6=33,24$$
$$1421^\circ \qquad 30,09$$

Pour dépasser 1400°, il a fallu remplacer le tube de silice, qui se courbait quoique peu chargé à l'extrémité, par un tube de porcelaine prolongé par une tige d'iridium. Une autre difficulté des mesures de température est la dévitrification de la silice : sous l'action de l'atmosphère d'hydrogène maintenue dans le four, le quartz cristallise et devient très fragile.

La correction du magétisme du nouveau support est très faible (1,5 %), elle a été évaluée par une mesure directe à haute température.

La température de la transformation $\gamma\delta$ indiquée par Curie est beaucoup plus basse que la nôtre. Cela tient, en partie, à ce qu'il s'est servi, pour étalonner son couple thermoélectrique, du point de fusion du palladium pour lequel on indiquait à l'époque où il a fait ses mesures une température beaucoup trop basse (1500 au lieu de 1587).

Curie avait pensé que dans la région δ le fer avait pris un nouvel état paramagnétique ; malgré leur peu d'étendue, nos mesures permettent d'affirmer que la décroissance de la susceptibilité est beaucoup plus rapide que celle de l'inverse de la température absolue. On peut évaluer grossièrement les constantes de cette région à :

$$C=0,0045 \qquad \Theta=+1230+273^\circ$$

Enfin, si nos *conclusions*, qui serrent de plus près les expériences, diffèrent de celles de Curie, nos *mesures* s'accordent suffisamment avec les siennes pour en recevoir une importante confirmation.

Cobalt. — Le point de Curie du cobalt étant très élevé, les mesures n'ont pu porter que sur un intervalle restreint de températures. Elles ont été faites sur un échantillon de métal pur pesant 0,4118 gr.

Les expériences ont été représentées dans la fig. 4. Elles donnent lieu à deux portions de droites dont la première, de 1170° à 1241°, est caractérisée par :

$$C=0,0217 \qquad \Theta=1131+273^\circ$$

et la seconde, de 1241° à 1303°, limite des expériences, par :

$$C=0,0182 \qquad \Theta=1149+273°$$

Le premier point, à 1156°, est en dehors de la première droite. Il n'y a pas de raison pour suspecter particulièrement l'exactitude de ce point qui a été mesuré deux fois. Il est donc fort possible que, comme pour le nickel, il y ait, avant la région du ferromagnétisme spontané, une région de transition et un nouveau point Θ situé encore plus bas. On l'admettra d'autant plus volontiers que des mesures encore inédites dans la région du ferromagnétisme spontané indiquent un point de Curie situé dans le voisinage de 1110°.

Les résultats sur le cobalt sont contenus dans le tableau suivant :

TABLEAU VI

Températures	$\chi \cdot 10_0$	$C=\chi(t-\theta)$
1156	785,3	$\chi(t-1131)=0,0196$
1170	560,2	218
1186	389,4	214
1188	384,4	219
1208	283,1	218
1209	275,1	215
1241	197,3	217
1242	196,1	$\chi(t-1149)=0,0182$
1255	169,2	179
1257	167,1	180
1261	162,7	182
1278	141,4	182
1280	139,8	183
1281	137,8	182
1302	119,1	182

Pyrrhotine. — Deux échantillons ont été examinés. Ils proviennent tous deux d'un cristal de Morro Velho, comme toutes les pyrrhotines normales précédemment étudiées.[1]

Leur coefficient d'aimantation a été mesuré pour des directions du plan magnétique soit parallèle soit perpendiculaire au champ magnétique.

[1] *J. de Phys.* 4 s. IV, p. 469, 829, 847; 1905, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, juin et sept., 1905.

Dans tous les cas, la pyrrhotine a donné un résultat très particulier : son coefficient d'aimantation semble ne pas varier avec la température.

Les expériences ont donné les nombres suivants :

TABLEAU VII

Echantillon 1 (masse=0,3374 gr.)

Plan magnétique parallèle au champ et perpendiculaire au déplacement

Températures t	$\chi.10^6$
336	24,1
344	24,6
322	25.5

Plan magnétique perpendiculaire au champ

330	25,1
350	25,1
318	25,9 à 32,8

Plan magnétique parallèle au champ et au déplacement

327	26,0
348	26,1
362	25,5
371	26,1
404	26,1
476	34,8

Echantillon 2 (masse=0,5160)

334	18,9
350	19,2

La légère augmentation que l'on observe pour le coefficient d'aimantation pourrait bien être due à un commencement d'altération donnant un oxyde, plus magnétique que la pyrrhotine. On voit, en effet, que χ prend une valeur plus grande à chaque nouvelle série d'expériences (à chaque nouvelle chauffe, par conséquent) et qu'il ne reprend pas sa valeur initiale quand on fait baisser la température.

La pyrrhotine ne permet donc pas de constater l'existence d'une région de ferromagnétisme sollicité par le champ extérieur, ayant le même caractère que pour les autres corps. Il est à peine possible qu'elle existe dans le voisinage immédiat du

point θ qui, d'après nos expériences, semble être à 318° et qui, par d'autres expériences directes non publiées, a été trouvé à 319°.[1] Cette manière d'être de la pyrrhotine, qui sous d'autres rapports s'accorde si bien avec la théorie, est assez énigmatique.

Les ferronickels. — Les questions que nous avons cherché à résoudre dans cette étude des ferronickels sont les suivantes :

1. Comment la constante de Curie et les autres propriétés magnétiques d'une solution solide dépendent-elles des propriétés des métaux composants ?

2. Peut-on déduire de l'étude de ces alliages *au-dessus* de leurs points de Curie des renseignements nouveaux sur leur constitution ?[2]

Les expériences ont été faites sur des alliages préparés à partir de nickel pur et de fer électrolytique, de même provenance (Merck) que les métaux qui ont été étudiés dans la première partie de ce travail. Les alliages ont été préparés par fusion directe des composants dans un four électrique à résistance dans une atmosphère d'hydrogène.

Ces alliages, dont les teneurs sont échelonnées de 10 à 10 %, ont déjà servi à une étude de M. F. Hegg[3] sur l'aimantation à saturation à différentes températures.

Les échantillons étaient taillés en forme d'ellipsoïdes. Le même appareil a servi à faire les mesures. Pour produire les températures élevées, on a employé un four à carcasse en nickel. Dans le voisinage du point de transformation, où le nickel aurait pu modifier le champ, on lui a substitué un four à carcasse en cuivre. Malgré cela, dans le voisinage du point θ il y a toujours un ou deux points qui tombent au-dessus des courbes expérimentales. Il s'agit là du phénomène déjà rencontré dans l'étude du nickel et du cobalt et qui dépend des propriétés au voisinage immédiat du point de Curie.

[1] La température donnée dans les recherches sur les Variations thermiques de l'Aimantation de la Pyrrhotine (P. Weiss et J. Kunz *J. de Phys.*, 4e série, t. IV,, p. 857; 1905) est trop élevée par suite de la conductibilité du support de cuivre.

[2] Voir aussi P. Weiss: *Revue de Métallurgie*, Vol. VI, p. 680, 1909.

[3] F. Hegg, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, t. XXIX, p. 592 et t. XXX, p. 15, 1910.

Les alliages ont toujours été chauffés dans un courant d'hydrogène. Les ellipsoïdes étaient, comme d'habitude, portés par une coupelle de platine fixée à l'extrémité du tube de quartz. On empêchait le contact entre l'alliage et le platine en interposant une mince couche de magnésie.

La correction du magnétisme du support (1 à 2 %) a été faite.

La représentation graphique des résultats, dans laquelle, comme précédemment, on a porté les températures en abscisses et les valeurs de $1 : \chi$ en ordonnées, est contenue dans les fig. 5 et 6.

TABLEAU VIII

Alliage : 90 % nickel, 10 % fer

Masse = 0,6607 gr.

Température t	$\chi.10^6$	$C=\chi.(t-490^0)$
783,5	33,2	0,00974
727	41,5	984
670	56,1	1010
591	102,5	1035
553,5	157,9	1002
531	213,5	—
502,5	502,2	—

Ces résultats se placent approximativement sur une droite. Mais la constante de Curie est ici moins bien déterminée que pour les autres ferronickels réversibles. Suivant que l'on accorde plus de confiance aux points aux hautes ou aux basses

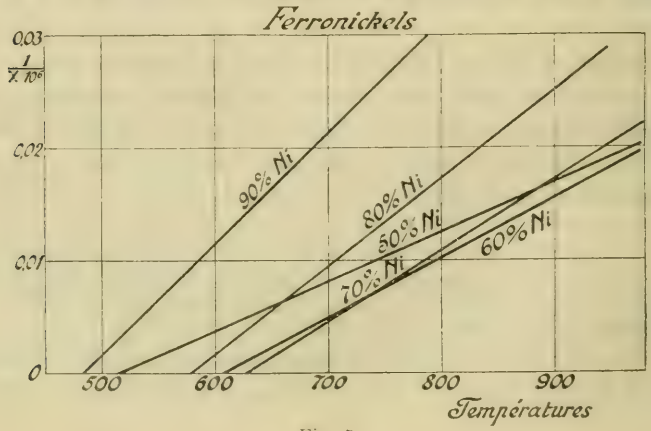


Fig. 5

températures, on peut hésiter entre 0.0097 et 0.0103. J'admets $C = 0.0100$ avec $\Theta = 490° + 273°$.

TABLEAU IX

Alliage : 80 % nickel, 20 % fer

Masse=0,6631

Températures t	$\chi.10^6$	$\chi.(t-583)$
927	36,5	0,01255
827	51,6	126
767	68,3	126
706,5	102,1	126
667	145,6	1225
602	446,0	124

Ici, la loi $C = \chi(t - \theta)$ se vérifie très bien. Elle conduit à $C = 0.0126$ et $\Theta = 583° + 273°$.

TABLEAU X

Alliage : 70 % nickel, 30 % fer

Masse=0,6322

Températures t	$\chi.10^6$	$\chi.(t-630)$
965,5	46,9	0,01575
897	59,1	158
845,5	72,7	157
808	88.7	158
756,5	124,5	1575
711	189,5	1535
659,5	427,3	—

Les points obtenus sont encore en ligne droite. On trouve $C = 0.0157$ et $\Theta = 630° + 273°$.

TABLEAU XI

Alliage : 60 % nickel, 40 % fer

Masse=0,6040

Températures t	$\chi.10^6$	$\chi.(t-612)$
983	49,9	0,0185
961	52,8	1845
916	61,0	1855
879	69,3	185
838	81,0	183
797	99.6	184
750	133,1	184
710	188,9	185
655	385	166

Le produit $\chi(t-\theta)$ garde une valeur constante à très peu de chose près, sauf pour le dernier point.

On déduit des nombres précédents :

$$C=0,0185 \quad \text{et} \quad \Theta=612^\circ+273^\circ$$

TABLEAU XII

Alliage : 50 % nickel, 50 % fer

Masse=0,6116 gr.

Températures t	$\chi\ 10^6$	$\chi.(t-524)$
977	50,1	0,0227
910	58,5	226
855	68	225
787	86,7	228
729	112	2295
702	128,8	229
656	170,9	2255
615	245	223
577	396	210

Les points se placent sur une droite qui donne :

$$C=0,0227 \quad \text{et} \quad \Theta=524^\circ+273^\circ$$

Alliage : 60 % fer 40 % nickel. — En partant des températures élevées et en faisant décroître la température, on trouve d'abord (fig. 6) une portion de droite donnant la constante de Curie 0,0256. Une deuxième série faite à températures croissantes a donné des points qui, à un petit décalage constant près, retombent sur la même droite. Ce décalage est dû probablement à un mauvais réglage du corps au maximum d'attraction. Cette première portion de droite est donc reversible. Le point de Curie qui lui correspond est à $\Theta=423^\circ+273^\circ$ environ, avec $C=0,0251$.

Au dessous de 790° se trouve une région de transition où la courbe représentative a la même forme que la courbe de la magnétite dans la région de passage. On retrouve ce genre de transformation, que nous avons désigné par la lettre ψ pour les alliages suivants, à peu près à la même température.

A partir de 730° et toujours à température décroissante, on trouve une deuxième droite pour laquelle $C=0,047$ et

$\Theta = 335° + 273°$. Au-dessous de 730°, le phénomène est irréversible : aux températures croissantes on trouve des points situés au-dessous de ceux obtenus quand la température décroît ; la courbe ascendante tendant à rejoindre la courbe descendante

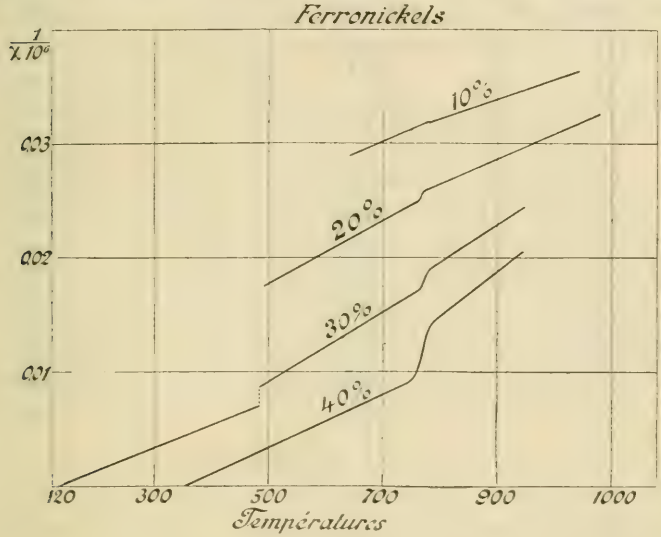


Fig. 6

quand on se rapproche de 730°. Mais l'étude du phénomène est compliquée par sa dépendance variable du temps dans les régions irréversibles. La région $\frac{1}{\chi}$ est encore réversible.

La dernière série d'expériences a mis en évidence une troisième droite, non représentée dans la figure, réversible dans une région de faible étendue et caractérisée par : $C = 0.091$ et $\Theta = 300° + 273°$.

Les expériences sont résumées dans le tableau suivant :

TABLEAU XIII

Première Droite

Températures t	$\chi.10^6$	$\chi(t-423°)$
931	49,20	0,0250
887	53,36	247
844	58,51	246
802	65,54	248
800	67,37	254
863	57,41	252
790	69,49	255

Températures t	$\chi.10^6$	
	Région ψ	
740	105,3	
766	88,8	
773	79,7	
768	87,4	
758	99,7	
742	111,1	
	Deuxième Droite	
		$\chi.(t-335°)$
710	119,4	0,0448
649	140,8	442
576	184,6	445
761	97,1	—
710	123,4	463
668	139,0	463
709	124,7	446
669	140,3	468
617	165,2	466
554	218	477
	Région irréversible	
514	de 288 à 351	
480	441	
462	533	
	Troisième Droite	
		$\chi.(t-300°)$
473	521	0,0901
511	429	905
450	663	992
541	384	926
575	312	858

Les trois alliages suivants, à 30, 20 et 10 % de nickel ont présenté beaucoup d'analogie, au point de vue expérimental, avec celui à 40 %. Ils ont manifesté les mêmes irréversibilités, le phénomène désigné par ψ et ont donné lieu à plusieurs températures Θ et constantes de Curie correspondant à des intervalles de température relativement restreints. Après l'alliage à 40 % pris comme exemple il n'y aurait guère d'intérêt à reprole détail des observations faites sur les autres. Nous nous bornons à donner les résultats.

Alliage : 30 % nickel 70 % fer. — En descendant à partir de

940° on trouve d'abord une portion de droite qui donne le point $\Theta = 162° + 273°$ et la constante de Curie 0,0315. Ici encore les résultats obtenus dans deux séries différentes ne se superposent pas exactement par suite d'un réglage défectueux de la position du couple thermo-électrique. Toutefois les deux droites obtenues sont parallèles et on peut affirmer que dans cette région le phénomène est réversible.

Entre 750° et 780° a lieu une transformation ψ qui conduit à une nouvelle droite avec $\Theta = 170° + 273°$ et $C = 0{,}034$. Cette nouvelle droite représente des variations irréversibles de χ : à température croissante, les points se placent au-dessous.

Vers 500° il y a une augmentation brusque de la susceptibilité et on est conduit à une nouvelle partie du phénomène fortement irréversible qui est représentée, dans l'intervalle de 212° à 327°, pour une marche ascendante de la température après retour à la température ordinaire, par la droite $C = 0{,}0516$ et $\Theta = 132° + 273°$.

Alliage : 20 °/₀ nickel 80 °/₀ fer. — Entre 1070° et 760° on a une ligne droite donnant une constante de Curie égale à 0.0460 et un point Θ situé à —130° abs. Il n'y a aucune difficulté à introduire cette température absolue négative qui est purement virtuelle. Cette droite représente des variations réversibles de χ.

Au-dessous de 760° on trouve une deuxième droite

$$C = 0{,}039, \quad \Theta = 90° \text{ abs.}$$

qui se termine vers 460°, température à laquelle se produit une augmentation brusque du coefficient d'aimantation, analogue à la transformation $\gamma\beta$ du fer. Cette même transformation se produit en sens inverse vers 645°. Il est probable qu'au-dessous de 460° on eut trouvé une troisième variation linéaire.

Alliage : 10 °/₀ nickel 90 °/₀ fer. — En descendant à partir de 1040°, on trouve une première droite ayant pour constante de Curie 0.0577 et un point Θ situé à —732° abs. Mais ici la région de passage ψ de cette première droite à celle qui correspond aux températures plus basses est moins bien définie. Elle semble se trouver aux environs de 850° au lieu de 760°. La deuxième droite est ici à peu près réversible. Elle a une constante de Curie égale à 0.0455 et donne $\Theta = -396°$ abs. La crois-

sance brusque de χ, caractéristique de la transformation $\gamma\beta$, se produit à 640°.

Quand on chauffe l'alliage à partir de la température ordinaire, il reste ferromagnétique jusque vers 727°. Son coefficient d'aimantation diminue ensuite à cette température jusqu'à ce qu'on retrouve les points de la première droite.

Groupement et discussion des résultats sur les ferro-nickels

Il est nécessaire de dire ici que tous les renseignements que nous donnons sur le côté réversible du diagramme ont un caractère de précision plus grand que celle des déterminations et des conclusions sur les alliages irréversibles. Cela tient aux difficultés plus grandes des expériences sur ces derniers et à ce qu'un nombre bien plus grand d'alliages et de mesures eussent été nécessaires pour caractériser avec certitude une telle multiplicité d'aspects. Aussi, tandis que la physionomie générale des réversibles résulte clairement de notre travail, nous n'avons pas pour les irréversibles abouti à une vue d'ensemble et une partie seulement de leurs propriétés, celles aux températures les plus élevées, ont pu être classées avec régularité en fonction de la teneur. Néanmoins nous avons noté dans les tableaux XIV, XV, XVI, et XVII et représenté dans les figures 7 et 8 même les observations isolées ou raccordées par petits groupes, pensant qu'on y trouverait des indications utiles pour l'orientation des recherches ultérieures[1].

Tableau XIV

Réversibles

Ni %	C	Θ abs.	$\frac{\Theta}{C}$ = ND	D densité (Hegg)	N	Satur. spec. σ_0 abs. (Hegg)
100	0,00555	645°	116 000	8,86	8,870	58,8
90	0,0100	763°	76 300	8,60	7,970	80,6
80	1265	856°	67 700	8,50	6,840	103,1
70	157	903°	57 500	8,40	5,770	127,1
60	185	885°	47 800	8,30	4,280	146,8
50	227	797°	35 100	8,20	3,440	169,2
40 (irrév.)	251	700°	27 900	8,10		184,2
		Fe_2Ni par interpolation				
34,4	0,0267	870°	23 200	8,05	2,840	202,0

[1] Une étude spéciale des irréversibles est en voie d'exécution.

TABLEAU XV

Irréversibles

Ni %	Hautes températ. C	Hautes températ. Θ abs.	Hautes températ. ND	Moyennes températ. C	Moyennes températ. Θ abs.	Moyennes températ. ND	Basses températ. C	Basses températ. Θ abs.	Basses températ. ND	D	σ_0
40	0,0251	790°	27 900	0,047	608°	12 930	0,091	573°	6 300	8,10	184,2
30	315	435°	13 800	34	442°	13 000	0,051	405°	7 940	8,06	203,6
20	460	-130°	-2 820	39	90°	2 750	—	—	—	8,02	210,8
10	577	-732°	-13 150	455	-396°	-8 700	—	—	—	7,89	221,0

TABLEAU XVI

Fer

	C	Θ abs.	$\frac{\Theta}{C}$ = ND
Fer β_1 . .	0,0390	1047°	26 800
β_2 . .	0,0274	1063°	38 800
γ . .	0,072	-1340°	-18 600

Constantes de Curie. En représentant les constantes de Curie des réversibles et pour les irréversibles celles qui correspondent aux températures les plus élevées *(h)* en fonction de la teneur on obtient la ligne brisée *c d e* de la fig. 7. La droite *d e* est assez bien déterminée par un nombre suffisant de points, pour que l'on puisse affirmer que du côté réversible la preuve expérimentale de la variation linéaire de la constante de Curie est faite. Il semble bien qu'il en soit de même du côté des irréversibles, mais ici on ne peut être aussi affirmatif pour les raisons que nous avons indiquées. La droite *de* ne passe pas par le point extrême correspondant au nickel pur. L'écart de 25 pour cent ne peut être dû à une erreur d'expérience. La droite *cd,* au contraire, semble passer par le point correspondant au fer γ, mais cette coïncidence doit être notée sous toutes réserves, la constante de Curie du fer γ étant la moins certaine parmi toutes celles que nous avons déterminées au cours de ce travail. La droite *de* qui représente les constantes de Curie du côté du nickel passe assez exactement par le point correspondant au fer β_1, mais il est presque certain que cette dernière coïncidence est fortuite puisque les intermédiaires à 10, 20, 30 p. cent de nickel font défaut.

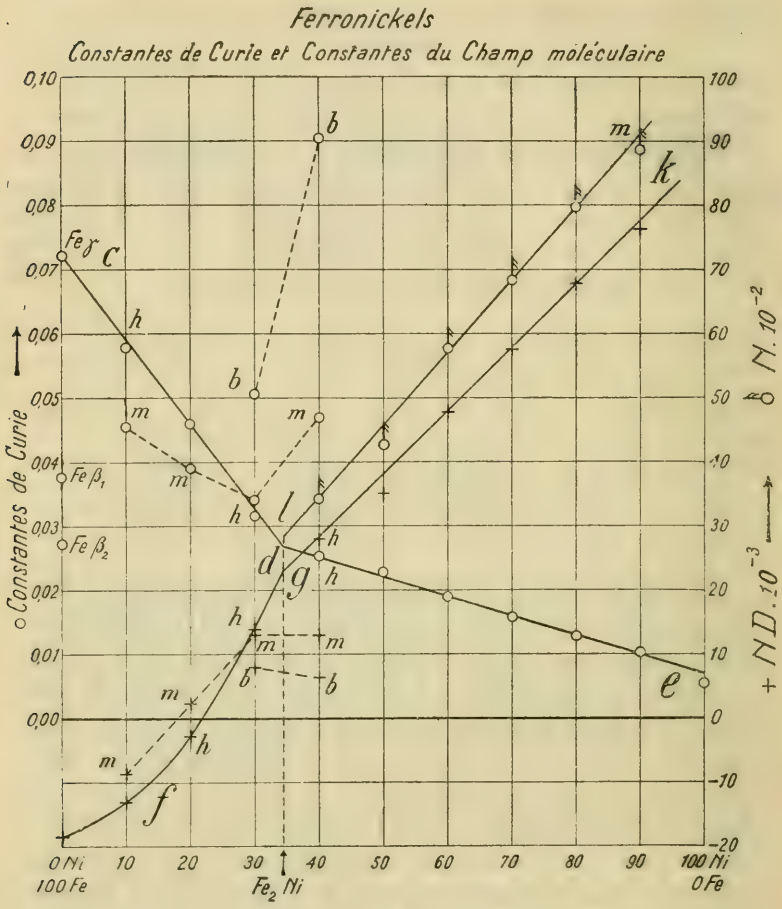


Fig. 7

Le point d'intersection des deux droites *cd* et *de* correspond à la composition 34.4 Ni, 65.6 Fe, c'est-à-dire à la formule Fe_2Ni. Cette combinaison n'a pas encore été signalée. Guertler et Tammann[1] qui ont déterminé le diagramme des points de fusion des ferronickels indiquent bien un maximum anguleux dans le voisinage de cette composition. Mais, chose curieuse, tandis qu'ils ne tirent aucune conclusion de ce caractère habi-

[1] *Zeitschr. für Anorg. Chemie*, 45, p. 205 ; 1905.

tuel des combinaisons chimiques, ils font l'hypothèse gratuite de l'existence de la combinaison $FeNi_2$ qui serait révélée par le minimum arrondi de leur courbe de fusion. Nous ne tarderons pas à rencontrer d'autres arguments en faveur de l'existence de la combinaison Fe_2Ni. Elle départage assez exactement les ferronickels réversibles et irréversibles au sens que l'on attribuait à ces termes à la suite de l'étude, notamment, du magnétisme fort aux basses températures. Cette limite ne peut être maintenue aux températures relativement élevées, où, nous l'avons vu, l'alliage à 40 pour cent de nickel devient, lui aussi, irréversible.

Les ferronickels forment donc, au moins aux hautes températures, deux séries ininterrompues de solutions solides s'étendant d'une part entre Fe et Fe_2Ni et de l'autre entre Fe_2Ni et Ni.

La variation linéaire de la constante de Curie dans chacun de ces intervalles peut donc s'énoncer en généralisant. *Dans une solution solide de deux métaux magnétiques la constante de Curie est additive.* Si la théorie du paramagnétisme de Langevin est exacte, cette propriété en résulte immédiatement, chaque molécule contribuant au moment magnétique résultant indépendemment de ses voisines et dans la mesure où l'agitation thermique le lui permet. Mais le mode de détermination des constantes de Curie que nous avons employé dans ce travail implique l'exactitude de la théorie du champ moléculaire. Si elle était fausse les quantités déterminées pourraient ne pas être des constantes de Curie. L'additivité vient donc aussi à l'appui de la théorie du champ moléculaire.

Nous avons porté dans la même fig. (7), (points *m* et *b*) les déterminations fragmentaires de constantes de Curie correspondant aux températures moyennes et basses dans les irréversibles.

Températures de transformation. — Les températures absolues des points de Curie Θ ont été portées dans la fig. 8. La courbe en traits pleins *nop* correspond aux constantes de Curie représentées dans la fig. 7 par la ligne brisée *cde*. Cette courbe n'avait jamais été étendue à tout l'intervalle de Fe à Ni. En outre, dans la partie anciennement connue par l'étude des

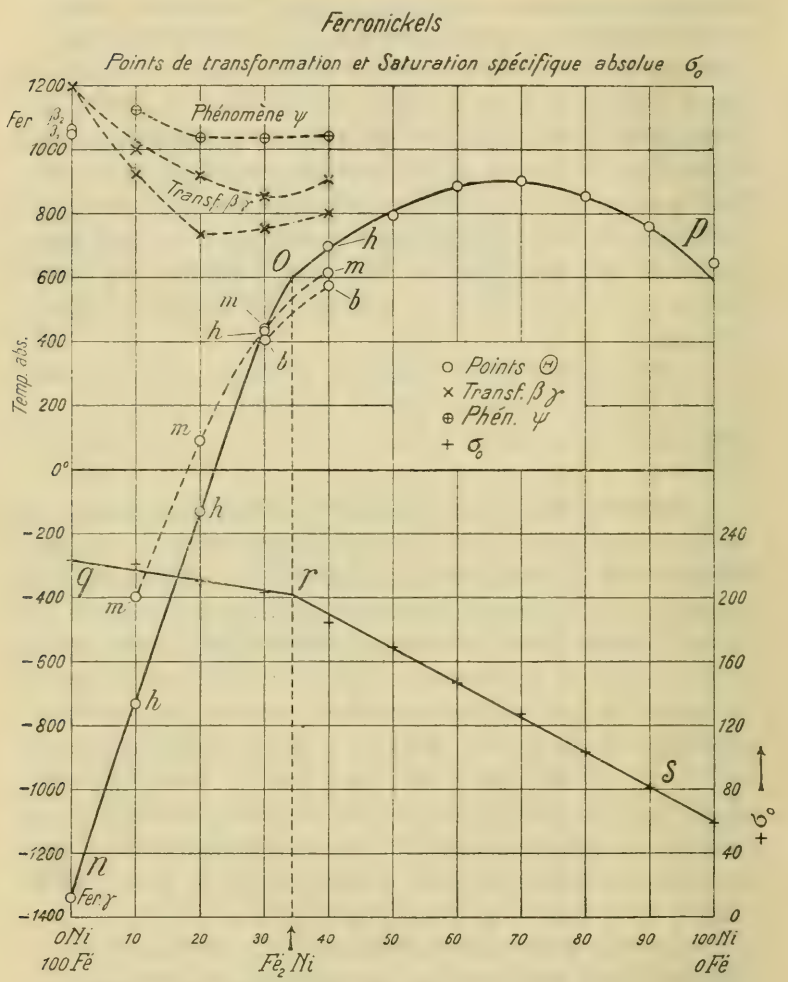


Fig. 8

ferronickels réversibles, notre tracé se distingue de ceux des observateurs précédents par l'angle vif en *o*. On voit que si la marche des points de transformation n'impose pas la combinaison Fe_2Ni, elle lui est du moins favorable. Ici encore les déterminations fragmentaires aux moyennes et basses températures ont été marquées aux points *m* et *b*.

Dans la même figure ont encore été représentées les données qui figurent au tableau suivant :

TABLEAU XVII

Ni %	Phénomène ψ		Transformations $\beta\gamma$	
	Température	$\Delta\chi$	Temp. asc.	Temp. desc.
			1193° abs.	
10	1121° abs.	$+0,4.10^{-6}$	1000°	925°
20	1035°	$-2,15.10^{-6}$	920°	735°
30	1035°	$-5,7.10^{-6}$	850°	750°
40	1043°	$-33,6.10^{-6}$	900°	800°

Nous avons appelé phénomène ψ la variation assez rapide de χ, localisée dans un intervalle de quelques degrés ou quelques dizaines de degrés qui se manifeste dans les représentations graphiques par des points d'inflexion. Sauf pour l'alliage à 10 pour cent où le phénomène est peu marqué et par conséquent difficile à préciser, il se produit à une température presqu'exactement constante. Son amplitude est donnée par la colonne $\Delta\chi$ du tableau XVII. C'est la grandeur de la variation rapide du coefficient d'aimantation avec le signe qu'elle a quand la température croît.

Les données trop incomplètes sur ce phénomène ne nous ont pas permis de faire une hypothèse sur sa nature.

Les deux dernières colonnes du tableau indiquent une transformation qui se caractérise par une variation considérable du coefficient d'aimantation à température constante qui se rattache par continuité à la transformation $\beta\gamma$ du fer. Comme celle-ci, elle exige un certain temps, mais sa lenteur croît beaucoup avec la richesse en nickel. En même temps la température qui, aux conséquences de cette lenteur près, est la même pour le fer aux températures croissantes et décroissantes se dédouble d'une manière marquée en fonction de la teneur en nickel. Les nombres que nous donnons n'ont pas le caractère de limites précises. ce sont les températures auxquelles le phénomène commençait à prendre une importance marquée. Il n'est possible, non plus, de dire si le dédoublement du point de transformation dans les ferronickels est apparent ou réel, une étude de l'influence du temps n'ayant pas été faite.

Constante du champ moléculaire. — Le champ moléculaire H_m a été défini par l'équation déjà citée :

$$H_m = Ni \tag{2}$$

et le coefficient N ainsi introduit figure dans :

$$CND = \Theta \tag{3}$$

où D est la densité.

Nous avons calculé les quotients $\frac{\Theta}{C} = ND$ (tableaux XIV, XV, XVI) et nous les avons représentés dans la figure 7. Nous obtenons pour les réversibles et les irréversibles aux hautes températures (points *h*) la ligne *fgk*. *gk* est rectiligne au degré de précision des expériences. *Pour les ferro-nickels réversibles, auxquels s'ajoute l'alliage à 40 pour cent de nickel aux hautes températures, la variation de ND est linéaire.* La variation de la même quantité du côté des alliages à faible teneur en nickel est représentée par une courbe. Mais, à part les réserves déjà faites sur la précision du point correspondant au fer γ, les alliages irrréversibles sont trop peu nombreux pour qu'on puisse affirmer qu'une singularité entre Fe et Fe_2Ni n'a pas passé inaperçue. On ne peut donc dire actuellement si cette intéressante loi linéaire n'est qu'un cas particulier ou représente une propriété générale des solutions solides de métaux magnétiques. De nouvelles expériences sont nécessaires sur cette question.

Dans les cas où cette loi est valable elle entraîne comme conséquence *la forme parabolique de la courbe représentant* Θ *en fonction de la teneur,* qui avait été déjà remarquée par les observateurs antérieurs. Dans la figure 8 nous avons adopté, de *o* en *p*, un tracé parabolique qui, nécessairement, passe à côté du point correspondant au nickel pur auquel ne s'étendent pas les deux lois linéaires.

Les tableaux XIV et XV contiennent encore les densités D, déterminées graphiquement d'après les observations de Hegg, en tenant compte de ce que celles qu'il donne pour 30 et 40 pour cent de nickel, sont trop faibles par suite de la porosité de la matière. Au moyen de ces densités ont été calculées les valeurs du coefficient N représentées en *lm* (fig. 7). La variation de la densité dans les ferronickels est trop faible pour que l'on

puisse dire si la variation linéaire est plus approchée pour le produit ND ou pour le coefficient N lui-même.

Autres faits à l'appui de l'existence de la combinaison Fe_2Ni. Le coude en *g* (fig. 7), dans la représentation de ND en fonction de la composition des alliages suggère nettement l'existence de la combinaison F_2Ni.

D'autre part les expériences de M. Hegg sur l'aimantation à saturation des ferronickels à diverses températures [1], qui ont été étendues jusqu'à la température de l'air liquide, ont permis, par une extrapolaton n'introduisant qu'une faible incertitude, de déterminer la saturation spécifique au zéro absolu σ_0. Cette quantité a été notée dans les tableaux XIV et XV et représentée graphiquement en *qrs* dans la fig. 8. Tant que l'on considérait les ferronickels comme une suite unique de solutions solides, la valeur de σ_0, plus élevée que l'indiquait la loi des mélanges, était très surprenante. Elle s'explique au contraire fort bien, comme on s'en rend compte par la fig. 8, par la combinaison Fe_2Ni. *Le moment magnétique moléculaire, additif dans les solutions, cesse de l'être dans la combinaison chimique.*

[1] F. Hegg, *loc. cit.*

SUR

LE PRINCIPE DE MAXWELL

dans l'électrodynamique de l'élément

PAR

L. DE LA RIVE

L'énoncé du principe à démontrer est le suivant : *L'intégrale le long d'une courbe fermée de l'action électrodynamique, due à un élément de courant de convection, est équivalente à l'intégrale de la dérivée par rapport au temps du flux de force électrique de l'élément au travers d'une surface limitée par la courbe.*

Il s'agit de la démonstration pour l'élément de courant de la propriété du courant exprimée par l'une des deux équations fondamentales de Maxwell, en le restreignant à un courant de convection, c'est-à-dire en faisant abstraction du courant de déplacement, et en admettant la loi de Laplace.

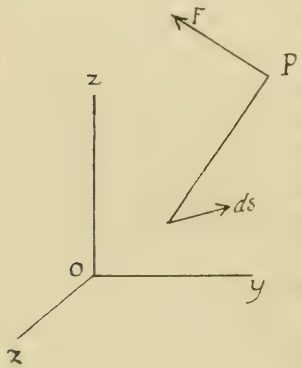


Fig. 1

J'appelle élément de courant de convection une masse électrique élémentaire dq, animée d'une vitesse uniforme v le long d'un élément linéaire ds'. L'intensité du courant i, est donnée par dq/dt, et, puisque $ds'/dt = v$, on a : $ids' = vdq$.

I. Action d'un élément de courant sur un pôle unité positif.

L'élément de courant ds' dont les projections sur un système rectangulaire sont dx', dy', dz', a pour coordonnées x', y', z'. Le pôle P a pour coordonnées x, y, z et sa distance à ds' est r (fig. 1).

L'action de l'élément sur le pôle consiste en une force F appliquée au pôle, normale au plan de ds' et de r, dont la valeur est $ids'\sin(r.ds')/r^2$ et en un couple formé par deux forces égales à F, et de sens contraires, appliquées en ds' et en P. Le sens de la force F appliquée en P résulte de la règle d'Ampère.

Les valeurs bien connues des composantes X, Y, Z, de F sont :

$$X=\frac{1}{r^3}\left[\frac{dy'}{ds'}[z-z']-\frac{dz'}{ds'}[y-y']\right], \text{ ....etc.} \tag{1}$$

etc., non compris le facteur ids'.

Les composantes L, M, N du moment principal du couple sont :

$$L=[y-y']Z-[z-z']Y, \text{ ....etc.} \tag{2}$$

II. Dérivée par rapport au temps du flux de force électrique de l'élément de courant.

En un point P, le flux de force de la masse e à la distance r est $e/r^2 \times do$, do étant l'élément de surface dont r est la normale. La dérivée par rapport à t s'obtient en remarquant que $d/dt = d/ds' \times ds'/dt$, en sorte que :

$$\frac{d\left[\frac{dq}{r^2}\right]}{dt}=vdq\left[\frac{d}{dx'}\frac{dx'}{ds'}+\frac{d}{dy'}\frac{dy}{ds'}+\frac{d}{dz'}\frac{dz'}{ds'}\right]\frac{1}{r^2} \tag{3}$$

$$=\frac{2}{r^4}\left[[x-x']\frac{dx'}{ds'}+[y-y']\frac{dy'}{ds'}+[z-z']\frac{dz'}{ds'}\right]vdq$$

III. Emploi du théorème de Stokes.

L'intégrale de ligne d'un vecteur, X, Y, Z, le long d'une courbe fermée est égale à l'intégrale de flux d'un vecteur $dZ\,dy - dY\,dz$, $dX\,dz - dZ\,dx$, $dY\,dx - dX\,dy$, au travers de toute surface limitée par la courbe fermée. Cette égalité s'exprime par l'équation :

$$\int Xdx+Xdy+Zdz=\int\left[\left[\frac{dZ}{dy}-\frac{dY}{dz}\right]\lambda+\left[\frac{dX}{dz}-\frac{dZ}{dx}\right]\mu+\left[\frac{dY}{dx}-\frac{dX}{dy}\right]\nu\right]do$$

où λ, μ, ν sont les cosinus directeurs de la normale à l'élément de surface do. La normale est dirigée vers l'intérieur et le sens dans lequel la courbe est parcourue dans la première intégrale est relié à la seconde par la règle que ds l'élément de la courbe, dn' l'élément de normale à la courbe et dn l'élément de normale

à la surface intérieure sont les trois axes rectangulaires d'un système direct.

L'intégrale de ligne de la force F s'obtient en donnant à X, Y, Z les valeurs (1) ; nous allons calculer le vecteur correspondant de l'intégrale de surface, et comme c'est le point essentiel de la démonstration, nous donnons le calcul ; on trouve :

$$\frac{dX}{dz} = \frac{dy'}{ds'}\left[\frac{1}{r^3} - \frac{3[z-z]^2}{r^5}\right] - \frac{dz'}{ds'}\left[-\frac{3[y-y'][z-z']}{r^5}\right]$$

$$\frac{dX}{dy} = \frac{dy'}{ds'}\left[-\frac{3[z-z'][y-y']}{r^5}\right] - \frac{dz'}{ds'}\left[\frac{1}{r^3} - \frac{3[y-y']^2}{r^5}\right]$$

$$\frac{dY}{dz} = \frac{dz'}{ds'}\left[\frac{1}{r^3} - \frac{3[x-x']^2}{r^5}\right] - \frac{dx'}{ds'}\left[-\frac{3[z-z'][x-x']}{r^5}\right]$$

$$\frac{dY}{dz} = \frac{dz'}{ds'}\left[-\frac{3[z-z'][x-z']}{r^5}\right] - \frac{dx'}{ds'}\left[\frac{1}{r^3} - \frac{3[z-z']^2}{r^5}\right]$$

$$\frac{dZ}{dy} = \frac{dx'}{ds'}\left[\frac{1}{r^3} - \frac{3[y-y']^2}{r^5}\right] - \frac{dy'}{ds'}\left[-\frac{3-[x-z][y-y']}{r^5}\right]$$

$$\frac{dZ}{dx} = \frac{dx'}{ds'}\left[-\frac{3[x-x][y-y']}{r^5}\right] - \frac{dy'}{dx'}\left[\frac{1}{r^3} - \frac{3[x-x']^2}{r^5}\right]$$

et il en résulte :

$$\frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} =$$

$$\frac{dx'}{ds'}\left[\frac{2}{r^3} - \frac{3\left[[y-y']^2+[z-z']^2\right]}{r^5}\right] + \frac{dy'}{ds'}\left[\frac{3[x-x'][y-y']}{r^5}\right] + \frac{dz'}{ds'}\left[\frac{3[z-z'][x-x']}{r^5}\right]$$

$$\frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx} =$$

$$\frac{dy'}{ds'}\left[\frac{2}{r^3} - \frac{3\left[[z-z']^2+[x-x']^2\right]}{r^5}\right] + \frac{dz'}{ds'}\left[\frac{3[y-y'][z-z']}{r^5}\right] + \frac{dx'}{ds'}\left[\frac{3[x-x'][y-y']}{r^5}\right]$$

$$\frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy} =$$

$$\frac{dz'}{ds'}\left[\frac{2}{r^3} - \frac{3\left[[x-x']^2+[y-y']^2\right]}{r^5}\right] + \frac{dx'}{ds'}\left[\frac{3[z-z'][x-z']}{r^5}\right] + \frac{dy'}{ds'}\left[\frac{3[y-y'][z-z']}{r^5}\right]$$

Pour notre intégrale de flux, la normale à l'élément de surface coïncide avec le rayon vecteur et par conséquent les cosinus directeurs, λ, μ, ν, sont $(x-x')/r$, $(y-y')/r$, $(z-z')/r$, par les-

quels il faut multiplier respectivement les quantités que l'on vient de calculer. Cherchons quel est le coefficient de dx'/ds' dans la somme sous le signe intégral. On a :

$$\frac{dx'}{ds'}\left[\frac{2}{r^3}-\frac{3\left[[y-y']^2+[z-z']\right]}{r^5}\right]\left[\frac{[x-x']}{r}\right]$$
$$+\frac{3}{}\left[\frac{[x-x']\,[y-y']}{r^5}\right]\left[\frac{[y-y']}{r}\right]+\frac{3}{}\left[\frac{[z-z']\,[x-x']}{r^5}\right]\frac{[z-z']}{r}$$

et, en remplaçant $[y-y']^2+[z-z']^2$ par $r^2-[z-z']^2$, on obtient :

$$\frac{2[x-x']}{r^4}\,\frac{dx'}{ds'}$$

qui est la valeur de ce coefficient dans (3). Les deux intégrales sont donc équivalentes et, en ce qui se rapporte à F, l'énoncé est démontré. Quant au sens relatif des deux intégrales, comme on le voit par la figure 2, en intégrant par rapport aux valeurs positives de dx, dy, dz, les trois éléments linéaires ds, dn', dn, forment un système direct en supposant la normale à la surface do extérieure par rapport à l'élément du courant ; il faudrait donc changer le signe des cosinus directeurs de la normale à do pour obtenir la valeur voulue et c'est précisément ce que nous avons fait en prenant pour ces cosinus $(x-x')/r$, etc., au lieu de $(x'-x)/r$, etc. Donc les deux intégrales ont même valeur, puisque $vdq = ids'$ et même signe.

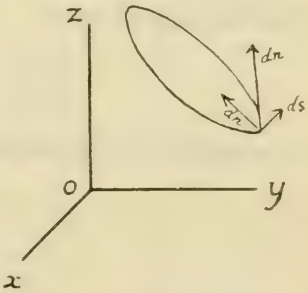


Fig. 2

Considérons en second lieu le couple par lequel l'action de l'élément de courant sur le pôle est complétée. En calculant L, M, N par les valeurs (2) on trouve que l'intégrale

$$\int \mathrm{L}dx+\mathrm{M}dx+\mathrm{N}dz$$

est nulle le long d'une courbe fermée, parce qu'elle est équivalente à l'intégrale de surface

$$\int\left[\left[\frac{dN}{dy}-\frac{dM}{dz}\right]\lambda+\left[\frac{dL}{dz}-\frac{dN}{dx}\right]\mu+\left[\frac{dM}{dx}-\frac{dL}{dy}\right]\nu\right]do$$

et que chacun des termes est identiquement nul. S'il en est ainsi, c'est que L, N, M sont les dérivés d'une même fonction de x, y, z, par rapport respectivement aux variables x, y, z. En effet on sait que les projections du moment du couple Fr ont pour valeur

$$\frac{\frac{d[x-z']}{r}}{ds'},\quad \frac{\frac{d[y-y']}{r}}{ds'},\quad \frac{\frac{d[z-z']}{r}}{ds'}$$

et vu la valeur de r

$$r^2=[x-x']^2+[y-y']^2+[z-z']^2$$

ces expressions qui sont de la forme

$$\frac{d}{dx'}\frac{dx'}{ds'}+\frac{d}{dy'}\frac{dy'}{ds'}+\frac{d}{dz'}\frac{dz'}{ds'}$$

se mettent sous la forme :

$$-\frac{d}{dx}\frac{dx'}{ds'}-\frac{d}{dy}\frac{dy'}{ds'}-\frac{d}{dz}\frac{dz'}{ds'}$$

ou, parce que ds' peut toujours être supposé parallèle à ds,

$$-\frac{d\left[\frac{x-x'}{r}\right]}{ds},\ \text{etc.}$$

Les quantités L, M, N ont donc un potentiel et par conséquent leur intégrale de ligne le long d'une courbe fermée est nulle.

Puisqu'il en est ainsi, ce n'est pas seulement l'intégrale de la force F, mais la somme de cette intégrale et de celle du moment du couple F.r qui est équivalente à l'intégrale du flux de force électrique de l'élément de courant et l'énoncé où le terme d'action électromagnétique est employé et justifié.

Il reste à montrer que cette action élémentaire intégrée par rapport à un courant fermé s'accorde avec les résultats expérimentaux connus. En premier lieu l'intégrale de surface est nulle pour un courant fermé qui ne traverse aucun des élé-

ments de surface. En effet, pour un contour fermé des points P, il faut intégrer l'expression

$$\frac{d\left[\frac{1}{r^2}\right]}{ds'}$$

par rapport à ds' et si la différentielle n'est pas discontinue, on retrouvre la même valeur en fermant le circuit.

En second lieu, si ds' vient à coïncider avec do, on obtient l'intégrale totale par la différence entre les deux valeurs qu'elle prend pour les deux points dont l'un précède et l'autre suit immédiatement le centre de l'élément ds' coïncidant avec do. Or, pour ces points, do est égal à $2\pi r^2$ et comme la normale change de sens de l'un à l'autre, il faut faire la somme des deux valeurs, ce qui donne $4\pi i$.

RECHERCHES ET EXPÉRIENCES

DE

TÉLÉPHONIE ÉLECTRIQUE SANS FIL

PAR

Quirino MAJORANA

Dans une Note préliminaire publiée dans le Compte rendu de la séance du 17 juillet 1904 de l'Académie des Lincei, j'exposais le résultat de quelques-unes de mes recherches sur la téléphonie sans fil. Après avoir indiqué les moyens par lesquels, grâce à l'aide que le prof. Blaserna mit à ma disposition, j'avais réussi à obtenir par une antenne l'irradiation d'ondes *quasi continues,* j'ai décrit sommairement quelques dispositions pouvant produire la *modulation* de l'intensité de telles ondes, en correspondance avec les vibrations acoustiques produites par la parole articulée. Depuis lors j'ai perfectionné les dispositions mentionnées, et à l'aide de celles-ci j'ai pu exécuter des expériences de téléphonie sans fil à grande distance. d'après lesquelles on peut déduire le degré de praticité que les dispositions définitives que j'ai utilisées ont permis d'atteindre. C'est de ces dispositions et de ces expériences que je parlerai brièvement dans cette Note.

Appareil transmetteur. — Cet appareil est constitué par un générateur d'ondes *quasi continues,* ou par un générateur Poulsen. Le premier est celui décrit à la lettre *e* et à la page 89 de la Note citée ci-dessus, je l'ai utilisé à plusieurs reprises, surtout pendant mes premiers essais. En suite de la découverte faite par Poulsen des qualités oscillatoires remarquables de l'arc voltaïque dans une atmosphère d'hydrogène, je me suis servi avec

succès de ce moyen pour produire des ondes continues ; mais il y a des cas où l'utilisation des étincelles interrompues présente sous certains rapports, des avantages sur l'arc Poulsen. En laissant donc de côté la question de la nature de l'appareil générateur des ondes, je parlerai de toutes les autres parties de mon système ; en tout cas, sauf quelques petites différences de construction, on peut appliquer indifféremment l'un ou l'autre de ces générateurs à mon système.

La fig. 1 représente la disposition schématique de l'appareil transmetteur : G est le générateur d'ondes, qui met en vibration électromagnétique un circuit d'une période déterminée ; le circuit de l'antenne, qui comprend un microphone M, entre en vibration par résonance. Le microphone M est d'une construction spéciale, et j'en parlerai dans la suite ; en attendant je note que la disposition indiquée est réalisée de manière à permettre l'accord exact entre les périodes de vibration des dits circuits et à ce qu'il soit possible de changer le degré d'accouplement. Cette dernière particularité est de grande importance dans le but d'obtenir des variations étendues dans l'intensité des ondes émises par l'antenne, sous l'action des pulsations microphoniques, car il y a un certain accouplement moyen pour lequel les variations sont maxima. Il est facile d'ailleurs de rereconnaître l'opportunité de placer en M le microphone, et non pas en un autre endroit : en effet, dans le circuit du générateur G il serait parcouru par des courants par trop intenses, et entre l'antenne et l'autoinduction il serait continuellement chargé à des potentiels très élevés, ces potentiels étant produits non seulement par l'effet ohmique du microphone même, mais encore par les pulsations de l'autoinduction intercalée entre le microphone et la terre.

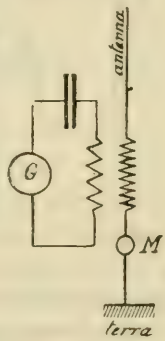


Fig. 1

Microphone hydraulique. — Le microphone employé est fondé sur un principe nouveau : c'est le *microphone hydraulique*, dont j'avais déjà parlé dans ma Note préliminaire. Si une veine liquide coule verticalement par une étroite ouverture pra-

tiquée en un tube d'amenée T (fig. 2) elle conserve la forme cylindrique pendant une partie du trajet et puis en G elle commence à se contracter et ensuite elle se divise en gouttes. C'était connu que des perturbations mécaniques exercées sur le tube T, favorisent les contractions du jet ou la formation des gouttes ; de telles perturbations mécaniques, surtout si brusques et fréquentes, font momentanément raccourcir la partie cylindrique du jet, et le point G se rapproche davantage de la bouche de sortie. Les contractions ou la rupture en gouttes du jet peuvent être produites par un rythme acoustique quelconque, en faisant agir sur le tube T des perturbations vibratoires de caractère acoustique. Mais des expériences préalables ont fait reconnaître que le jet est particulièrement sensible à une période déterminée, qui est celle correspondant au mode périodique suivant lequel il se romprait en gouttes séparées en G, s'il n'était pas dérangé. Mais en perfectionnant l'ancienne disposition, j'ai pu obtenir que le jet liquide subisse des contractions que l'on peut approximativement considérer comme étant proportionnelles à l'intensité des chocs reçus par T, et de périodes comprises entre des limites assez étendues (celles existant dans la voix humaine). On obtient un tel résultat en s'arrangeant de façon que les perturbations mécaniques imprimées au jet, se traduisent en véritables variations de pression à l'intérieur du tube C et précisément près de la bouche de sortie. Le tube d'amenée est construit en matière très rigide (fig. 3) sauf sur une petite portion A où la paroi est très mince et élastique. Celle-ci reliée par une tige rigide à une membrane vibrante M, qui sous l'action de la voix ou d'autres sons, fait ainsi osciller la valeur de la pression instantanée sur la bouche de sortie. En examinant le jet, à l'aide d'un procédé stroboscopique, l'on

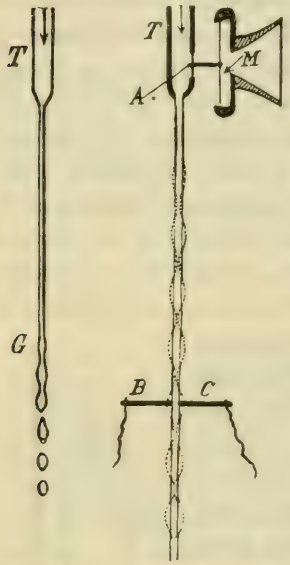


Fig. 2 Fig. 3

observe qu'avec une période acoustique déterminée, il se contracte suivant la ligne pointillée (fig. 3) ; ces contractions grandissent avec la distance à la bouche de sortie ; de façon que deux conducteurs B et C, entre lesquels on fait couler le jet, sont joints par des masses liquides variables à chaque instant, suivant les vibrations transmises à l'aide de la membrane. On comprend donc que si le liquide du jet est conducteur (eau acidulée ou salée, mercure, etc.) la résistance électrique entre B et C est variable. L'appareil peut donc être utilisé comme microphone ; c'est ainsi que j'ai pu exécuter des expériences de téléphonie ordinaire en des conditions telles qu'il n'aurait pas été possible de les réussir à l'aide des microphones ordinaires [1]. Un tel microphone peut supporter de fortes intensités de courant, car les particules du liquide traversées par le courant, en se renouvelant continuellement, ne s'échauffent pas sensiblement ; en outre la différence de potentiel entre les électrodes peut, elle aussi, être très élevée, en réglant à volonté la conductibilité du jet liquide et la distance entre les électrodes B et C. Ces caractéristiques du nouveau microphone le rendent particulièrement adaptable à la téléphonie sans fil ; en effet il peut être inséré dans le circuit de l'antenne (fig. 1) sans qu'il y ait à redouter qu'il s'échauffe ou brûle en quelqu'une de ses parties. Les expériences de téléphonie sans fil que j'ai exécutées avec le plus grand succès, sont celles pour lesquelles j'ai utilisé un microphone hydraulique construit comme ci-dessus.

Appareil récepteur. — Dans mes premières expériences je me servais à la station réceptrice, comme révélateur des ondes électromagnétiques correspondant aux périodes acoustiques de la voix, d'un détecteur électromagnétique Marconi. Successivement j'ai dû reconnaître que cet appareil, tout en présentant une sensibilité suffisante dans les cas de groupes d'ondes détachées (télégraphie sans fil), n'est pas utilisable pour une révélation d'on-

[1] En 1905, il a été essayé un microphone ainsi construit entre Rome et Londres, distance 2000 km. environ. L'intensité du circuit primaire du microphone était de presque 10 ampères avec une différence de potentiel de 50 volts ; au secondaire, c'est-à-dire au départ sur la ligne, l'intensité était pour certains sons, de 100 milliampères, valeur 10 fois plus grande que d'habitude.

des persistantes ou *quasi persistantes*. Cette différence de sensibilité est due probablement aux intervalles de repos existant entre une étincelle et la suivante dans le cas de la télégraphie sans fil, intervalles qui manquent, ou presque complètement, dans les transmissions radiotéléphoniques. Un contact imparfait de charbon, traversé par un faible courant continu local, ou une cellule électrolytique, se prête mieux au but de la révélation ; mais ces deux méthodes, bien qu'elles permettent en certain cas une très bonne révélation, sont d'une sensibilité très variable.

Les révélateurs thermiques (bolomètres) sont plus sensibles et plus sûrs, ainsi que ceux fondés sur l'utilisation de contacts thermo-électriques ; enfin le meilleur entre tous les révélateurs connus est celui de De Forest, appelé *Audion*. En pratique je me suis servi d'un contact thermo-électrique ou de l'*Audion*.

Le couple thermo-électrique qui m'a donné les meilleurs résultats est constitué de pyrite de fer et platine métallique. Le dispositif que j'ai employé est le suivant : l'antenne réceptrice est reliée à la terre, au travers d'une autoinduction réglable I (fig. 4). Cet accouplement, réglable aussi, met en vibration par résonance un circuit local, du condensateur variable duquel

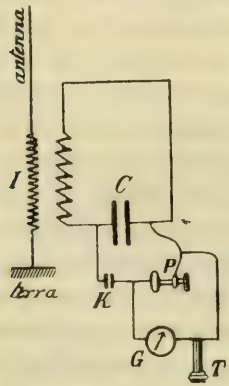


Fig. 4

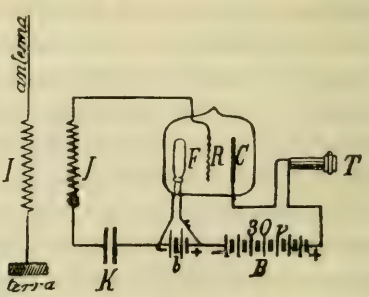


Fig. 5

dérive un deuxième condensateur K de très petite valeur (quelque millionième de microfarad) mis en série avec la pince thermo-électrique P, construite avec les substances que j'ai nommées. Enfin sur la même pince est dérivé un troisième circuit,

comprenant un téléphone T et un galvanomètre G. Lorsque les ondes arrivent sur l'antenne, le circuit C entre en vibration et une partie de son énergie traverse la pince P, la réchauffant et la faisant devenir siège d'une force électromotrice ; de façon qu'un courant traverse G et T. Le galvanomètre G qui doit être sensible, même à une intensité de courant de l'ordre du micro-ampère, permet facilement l'accord et le réglage de l'appareil récepteur. La disposition indiquée comme toutes celles à pince thermo-électrique, produit un changement d'intensité des ondes qui arrivent, des sons ou bruits dans le téléphone, dont l'énergie est évidemment une partie de celle vraiment recueillie par l'antenne réceptrice. Il est intéressant de faire observer comment, même à plus de 50 kilomètres d'une station radio-téléphonique utilisant seulement deux ou trois kilowatt, le galvanomètre de l'appareil récepteur décrit puisse accuser une déviation même de quatre micro-ampères. Un fait pareil a été constaté à la station réceptrice de *Porto d'Anzio,* la transmettrice étant à Rome *(Monte Mario)*.

Maintenant je vais expliquer brièvement le mode de fonctionnement de l'*Audion* de De Forest, tel qu'il est employé dans sa forme plus récente, car la théorie de cet appareil ne paraît pas avoir été établie jusqu'ici. La fig. 5 montre le dispositif adopté par De Forest. A est l'antenne réceptrice, I une autoinduction ; une ampoule vide d'air contient un filament métallique F incandescent par le courant produit par *b*, une grille ou réticule métallique R (vue de profil dans la figure), et une lame métallique C. Une autoinduction J est placée en circuit avec un condensateur de petite valeur K (centmillièmes de microfarad), avec le filament F et la grille R ; une batterie d'environ 30 volts B est placée en circuit avec le filament F, un téléphone T et la lame C ; le filament est chargé négativement par la batterie B. Ordinairement un courant continu produit par B, circule dans le téléphone T, car le filament incandescent F rayonne tout autour de lui dans l'intérieur de l'ampoule des ions négatifs, dont quelques-uns vont frapper, au travers de la grille R, la lame C.

Lorsque les ondes arrivent sur l'antenne, et que celle-ci, la valeur de I, étant bien réglée, entre en vibration ; par induc-

tion, des courants variables traversent même J, mais seules les charges négatives peuvent passer de F en R ; évidemment donc le circuit JKFR n'entre pas en résonance, parce que ses oscillations, à cause de la conduction unilatérale du trajet FR, s'amortissent immédiatement. Il n'y a donc pas moyen d'accorder le dit circuit sur l'autre AIT, et la valeur de la capacité K peut être arbitraire : il est pourtant utile de construire J de valeur assez élevée, parce que, en ce cas, les différences de potentiel entre F et R sont plus grandes. Le fonctionnement du circuit RJKF est certainement semblable à celui de la soupape de Fleming ; mais la caractéristique du dispositif De Forest, de laquelle dépend la merveilleuse sensibilité de l'appareil, consiste dans le troisième conducteur C. En effet les ions mis en mouvement par le filament F étant en nombre limité, s'ils ont la tâche de neutraliser la différence de potentiel entre les deux conducteurs plus rapprochés F et R, ne peuvent atteindre ou n'atteignent qu'en petit nombre C ; de cette façon le courant qui traverse ordinairement le téléphone T, diminue. J'ai pu me convaincre de l'exactitude de ces considérations, en mesurant l'intensité du dit courant ; elle devient nulle lorsque les ondes qui arrivent sur l'antenne sont très intenses.

Résultats obtenus. — Une première station expérimentale a été construite à l'Institut supérieur des télégraphes de Rome ; l'antenne a une hauteur de 24 mètres et possède 4 fils verticaux. Depuis deux ans environ j'ai exécuté des essais préliminaires à la distance de 5 kilomètres entre cette station et celle du Monte-Mario appartenant au Ministère de la Marine dont l'antenne, aussi à 4 fils, est haute de 50 mètres. Un ampèremètre sur l'antenne de la première station indique, en conditions normales de transmission, une intensité de 1,2 ampères environ. Au Monte Mario on peut recevoir avec la pince thermo-électrique une intensité de courant de 15 micro-ampères. Les paroles prononcées à l'Institut Supérieur peuvent être reçues même avec le détecteur Marconi ; et on les entend avec renforcement si on le remplace par la pince thermo-électrique ou par l'Audion.

En conséquence de ces premiers résultats, le Ministère de la Marine a fait construire une seconde station expérimentale à Porto d'Anzio à la distance de 56 kilomètres environ du

Monte Mario avec une antenne à 4 fils de 45 mètres. Le 14 août 1908, cette station fut mise en expériences et l'on constata qu'avec 3,5 ampères environ à l'antenne du Monte Mario, on pouvait entendre à Anzio nettement les paroles prononcées à Rome.

Le Ministère de la Marine décida alors l'exécution de nouvelles expériences sur une plus large échelle ; le chasse torpilleur *Lanciere* fut mis à ma disposition, et le 13 novembre ce navire abordait dans l'île de *Ponza,* à la distance de 120 kilomètres environ du Monte-Mario. Sur cette île existe une station radiotélégraphique de la Marine avec antenne à 4 fils de 60 mètres environ ; les appareils récepteurs mis en place. on put entendre les sons et les paroles prononcées à Rome avec une intensité plus grande qu'à Porto d'Anzio ; les vibrations de la lame téléphonique, s'entendaient jusqu'à 4 mètres de l'appareil.

Il est probable que ce très bon résultat obtenu à Ponza est dû non seulement à la hauteur plus grande de l'antenne. mais aussi à la situation spéciale de cette station qui se trouve être plus favorable.

Le jour suivant, 14 novembre, le *Lanciere* abordait à *Maddalena* en Sardaigne. Près de ce port, sur l'île de *Caprera,* en un endroit qu'on appelle *Becco di Vela,* il existe une autre station radiotélégraphique de la Marine semblable à celle de Ponza. La distance en ligne droite de cette station à Rome est de 270 kilomètres environ. A midi de ce même jour les expériences de réception de Rome furent faites et donnèrent des bons résultats. La voix qui provenait du Monte-Mario était nettement perceptible et son intensité n'était pas inférieure à celle d'une communication téléphonique urbaine ordinaire. Il est donc à retenir qu'à une telle distance, il est possible effectivement d'établir pratiquement un service radiotéléphonique régulier.

Afin d'être fixé sur la portée maxima du système radiotéléphonique décrit, le 1er décembre suivant je faisais aborder le *Lanciere* à *Trapani,* en Sicile, pour continuer les expériences à la station radiotélégraphique placee sur le mont *S. Giuliano.* Cette station, semblable aux précédentes de *Ponza* et de *Becco di Vela.* se trouve à 420 km. environ de Rome en ligne droite. On eut

beaucoup de peine à trouver l'accord dans ces nouvelles conditions, à cause aussi des nombreuses stations radiotélégraphiques pas trop lointaines (entre lesquelles il faut compter les françaises de la côte africaine), qui produisaient des perturbations nuisibles ; mais finalement la parole prononcée à Rome put être entendue et comprise nettement, bien que très faible. L'intensité de réception était donc cette fois à peine suffisante pour qu'une oreille exercée put comprendre. On était à la limite de la portée des communications radiotéléphoniques envoyées depuis Rome ; et j'ai pu m'en convaincre encore mieux le lendemain 2 décembre, jour où, m'étant porté à l'autre station sicilienne de *Forte Spuria,* près de Messine, j'ai acquis la certitude que les signaux de Rome ne pouvaient pas y être compris. La station de *Forte Spuria* n'est éloignée de Rome qu'un peu plus que celle de *Monte S. Giuliano ;* mais elle se trouve dans des conditions plus défavorables, étant entourée des montagnes de la Sicile et de la Calabre.

Par les expériences décrites, on n'est pas absolument fixé sur la portée maxima de la transmission radiotéléphonique avec mon système, car en utilisant le microphone hydraulique la limite des expériences actuelles peut être accrue de beaucoup, rien n'empêchant d'augmenter notablement l'énergie au départ et les dimensions des antennes.

Un fait important que je veux signaler avant de finir. Dans toutes les expériences exécutées on a reconnu avec certitude que la parole articulée arrive, même à la distance de plus de 400 km. avec son timbre parfaitement identique. Cela montre que toutes les périodes acoustiques comprises en elle, sont transmises à l'aide des ondes électromagnétiques, avec atténuation constante et par conséquent que dans les transmissions radiotéléphoniques, contrairement à ce qui arrive dans la téléphonie ordinaire, le phénomène connu de la distorsion acoustique de la parole ne se produit pas. L'explication de ce fait est facile ; car en téléphonie ordinaire le phénomène de la propagation est intimement lié à la période acoustique, tandis qu'en radiotéléphonie la période qui a une importance plus grande est la période électromagnétique des ondes à haute fréquence

Après les expériences et les essais décrits ci-dessus, je me

suis occupé à rendre les dispositifs et les appareils utilisés ; tout à fait pratiques ; et cela principalement dans le but de construire des installations durables aptes à fournir un service régulier de radiotéléphonie. Pendant ces recherches j'ai été amené à reconnaître que, tout en étant résolu, le problème de la radiotéléphonie en ce qui a trait au microphone hydraulique, présente certaines difficultés d'application qui s'opposent au développement de ce merveilleux moyen de communication. Le générateur d'ondes persistantes, même lorsqu'il est constitué par l'arc dans l'hydrogène imaginé par Poulsen, présente en pratique des inconvénients qu'il serait utile de pouvoir éliminer : l'hydrogène ou les hydrocarbures dont on fait usage, la circulation de l'eau pour refroidir l'appareil, le peu de durée du charbon de l'électrode négative de l'arc, constituent des faits qui rendent très pénible l'usage de ce dernier. Aussi, depuis quelque temps, ai-je poursuivi l'étude d'un nouveau type de générateur d'ondes persistantes basé sur un principe différent de ceux connus jusqu'à présent, et j'espère de pouvoir bientôt utiliser ces nouveaux appareils dans les recherches déjà entreprises et décrites.

Rome, 11 février 1911.

LES SEICHES DE TEMPÉRATURE

PAR

E. M. WEDDERBURN, W.S., F.R.S.E.

(Avec la planche I)

Il y a sept ans maintenant que furent faites, au Loch Ness, les observations qui suggérèrent à M. Watson l'existence de seiches dues à la température, pour expliquer les variations qu'il constatait. Le poste d'observation du Loch Ness adopta le mode d'observations suivant : on mesurait la température à de fréquents intervalles dans la même position à l'extrémité du lac, le but principal étant de rechercher l'influence des vents sur les eaux de surface du lac. Cette influence était très appréciable, mais il y avait d'autres variations qu'aucune des hypothèses existantes ne parvenait à expliquer. Les observations furent alors faites à des intervalles encore plus fréquents, et l'on reconnut enfin qu'il y avait une périodicité dans l'élévation et l'abaissement de la température au point d'observation.

Il est très facile de comprendre pourquoi ces changements périodiques de température n'ont pas été observés plus tôt : en effet, pour autant que l'auteur est renseigné, il n'a jamais été fait sur aucun lac d'observations à intervalles suffisamment rapprochés et pendant suffisamment longtemps pour en signaler l'existence. Les limnologistes ont toujours considéré que des observations faites sur un point quelconque d'un lac donnaient des indications complètes sur la distribution de la température pour ce lac ; mais nous savons maintenant, du moins lorsque la « Sprungschicht » s'est formée, que tel n'est pas le cas et qu'il est impossible de baser la comparaison de lacs entre eux sur une série isolée d'observations faites sur un point.

M. E.-R. Watson, B. Sc., fut le premier à donner l'explication des seiches de température, mais M. le prof. Thoulet en avait eu l'idée déjà en 1894, dans ses « Contributions à l'étude des lacs des Vosges » (*Bull. Soc. Géog. Paris*, XV, p. 572), et comme ses remarques expliquent réellement la nature des seiches de température, nous allons les reproduire :

Son eau (celle du lac Longemer) avait donné naissance, vers 8 m. de profondeur, à la couche de transition thermique brusque, au sein du lac ; et cette couche elle-même, sous l'impulsion de la masse d'eau animée du mouvement dû à ce courant et qui lui arrivait d'une de ses extrémités, s'est mise à osciller longitudinalement et transversalement, comme une sorte de seiche intérieure provoquée par une action mécanique, et l'oscillation s'est communiquée en s'atténuant jusqu'au fond... J'ai tenu cependant à confirmer mon opinion par une expérience synthétique. Dans ce but, j'ai superposé, dans une auge en verre, de l'eau saturée de carbonate de potasse, de l'alcool coloré en rouge et du pétrole. Il m'a suffi de laisser tomber dans le vase des gouttes d'alcool pour communiquer un mouvement ondulatoire synchrone aux trois couches liquides.

Le Professeur Thoulet imitait ainsi la distribution de la température dans un lac en superposant l'un sur l'autre trois liquides de densités différentes, le liquide supérieur représentant la couche superficielle du lac, celui du milieu la « Sprungschicht » ou couche de discontinuité, et le liquide inférieur l'eau froide et lourde au fond du lac. On a ainsi une représentation parfaitement exacte de la distribution de la température, et par conséquent de la densité dans un lac, pendant les changements de temps qui accompagnent généralement une seiche de température. L'eau de la couche superficielle, jusqu'à la couche de discontinuité. est remuée par le vent et sa température et sa densité peuvent pratiquement être considérées comme uniformes, et au-dessous de la couche de discontinuité la température ne change comparativement que peu. La discontinuité de la température est souvent très brusque, et le Prof. Thoulet aurait pu expérimenter avec deux liquides au lieu de trois : cela donne une idée claire de ce qu'est une seiche de température, et cela simplifie beaucoup les considérations mathématiques, si l'on

considère que le lac est divisé en deux couches pour lesquelles la température et la densité sont uniformes. Cette hypothèse nécessite un changement brusque de température à la «Sprungschicht». L'agitation la plus faible de la couche supérieure produit une oscillation à la surface de séparation des deux liquides, et un observateur placé à l'un des bouts du lac remarquerait des variations périodiques de la température. En observant aux deux extrémités du lac à la fois, il trouverait que les variations observées sont synchrones, mais que leur phase est opposée; en se plaçant au centre, c'est-à-dire à un nœud, il ne trouverait aucun changement de température, en supposant naturellement que l'oscillation n'a rencontré aucun obstacle. Au fond, l'oscillation est de même nature que celle d'une seiche ordinaire, qui est une oscillation observée à la surface de séparation du lac et de l'atmosphère. On l'a appelée une «seiche de température» parce que c'est une seiche qui doit son existence à la distribution de la température du lac.

Considérons maintenant la théorie mathématique des oscillations d'un lac en supposant, pour simplifier la distribution de la température telle que nous l'avons indiquée plus haut. Soit ρ' la densité de la couche supérieure, et ρ celle de la couche inférieure. La théorie des vagues à la surface de séparation de deux liquides dans un canal uniforme de section transversale rectangulaire est bien connue de tous, et on la trouve dans tous les traités. La vitesse des vagues est donnée par:

$$V = \sqrt{\frac{g(\varrho - \varrho')}{\frac{\varrho}{h} + \frac{\varrho'}{h'}}}$$

où λ, la longueur d'onde est grande comparée à h' et h, h' et h étant les profondeurs respectives des deux couches inférieure et supérieure. Si le canal est limité par des parois verticales distantes de l l'une de l'autre, la période de l'onde stationnaire à la surface de séparation sera:

$$T_\nu = \frac{2l}{\nu \sqrt{\frac{g(\varrho - \varrho')}{\frac{\varrho}{h} + \frac{\varrho'}{h'}}}}$$

où ν représente le nombre des nœuds.

La période pour les seiches de température peut être calculée approximativement de cette manière, mais dans la plupart des cas, il est nécessaire de prendre en considération des variations dans la largeur et la profondeur du lac.

Supposons l'origine sur la surface de séparation, et considérons deux tranches verticales S′ et S en travers du lac, respectivement situées dans la couche supérieure et dans la couche inférieure. Soit dx l'épaisseur de ces tranches et x la distance qui sépare leur face postérieure de l'origine. Soient $A'(x)$ et $A(x)$ les surfaces de sections transversales respectives des couches supérieure et inférieure à la distance x de l'origine, c'est-à-dire les surfaces des faces postérieures des tranches S′ et S ; les volumes de ces tranches sont alors représentés par

$$A'(x)dx \quad \text{et} \quad A(x)dx.$$

Supposons qu'après un certain temps les tranches S′ et S se soient déplacées dans de nouvelles positions et que la face postérieure de S′ soit à une distance $(x - \xi')$ de l'origine, celle de S à une distance $(x + \xi)$. La largeur de S′ et de S dans cette nouvelle position sera respectivement de $dx\left(1 - \frac{d\xi'}{dx}\right)$ et $dx\left(1 + \frac{d\xi}{dx}\right)$ et leurs volumes respectifs seront représentés par

$$A'(x-\xi')\,dx\left(1-\frac{\partial\xi'}{\partial x}\right) \quad \text{et} \quad A(+\xi)dx\left(1+\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)$$

Cela suppose que les particules d'eau se meuvent dans la couche supérieure dans une direction opposée à celle dans laquelle elle se meuvent dans la couche inférieure, et par conséquent la variation dans le niveau de la tranche S′ ne sera pas exactement égale et inverse à celle de la tranche S ; la différence, cependant, n'est pas du premier ordre et nous pouvons la négliger. Supposons que cette variation de niveau soit $-\zeta$ pour le liquide supérieur et ζ pour le liquide inférieur, et soit ζ uniforme pour chaque tranche. Cette hypothèse suppose qu'il n'existe pas de courant transversal des particules d'eau, et que dans chaque couche toutes les particules d'un même plan vertical ont la même vitesse horizontale. La décroissance du volume de S′ due à une élévation ζ de la surface de séparation sera alors donné par $b(x)\zeta dx\left(1-\frac{d\xi'}{dx}\right)$ où $b(x)$ est la largeur de la sur-

face de séparation à la distance x de l'origine. La croissance de S sera d'une manière analogue $b(x)\zeta dx(1+\frac{d\xi}{dx})$,

D'après ces hypothèses les équations de continuité sont pour le liquide supérieur :

$$(1') \qquad A'(x)dx=\left\{A'(x-\xi')-b(x)\zeta\right\}dx\left(1-\frac{\partial\xi'}{\partial x}\right)$$

et pour le liquide inférieur :

$$(1) \qquad A(x)dx)=\left\{A(x+\xi)+b(x)\zeta\right\}dx\left(1+\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)$$

on en tire :

$$(2') \qquad \zeta b(x)=-\frac{A'(x)}{1-\frac{\partial\xi'}{\partial x}}+A'(x-\xi')$$

$$(2) \qquad =\frac{A(x)}{1+\frac{\partial\xi}{\partial x}}-A(x+\xi)$$

En négligeant les quantités de second ordre, ces équations donnent :

$$(3') \qquad \zeta=-\frac{1}{b(x)}\frac{\partial}{\partial x}\left\{A'(x)\xi'\right\}$$

$$(3) \qquad =-\frac{1}{b(x)}\frac{\partial}{\partial x}\left\{A(x)\xi\right\}$$

Supposons de plus que l'amplitude de la seiche est petite et que nous puissions négliger l'accélération verticale. La différence de pression sur les deux faces S' et S sera simplement due à l'élévation ζ de la surface de discontinuité et sera de $g(\rho-\rho')d\zeta$ par unité de surface. L'équation de mouvement pour S et S' sera ainsi :

$$(4) \qquad \frac{1}{A'(x)}dx\left(1-\frac{\partial\xi'}{\partial x}\right)\varrho'\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left\{A'(x)\xi'\right\}+\frac{1}{A(x)}dx\left(1+\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)\varrho\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left\{A(x)\xi\right\}=-g(\varrho-\varrho')\frac{\partial\zeta}{dx}dx$$

Mais si les deux couches doivent rester en contact

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2}\left\{A'(x)\xi'\right\} \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2}{\partial t^2}\left\{A(x)\xi\right\}$$

doivent être égaux, et l'on peut écrire l'équation (4) en y substituant pour ζ la valeur tirée de (3) :

$$(5) \qquad \frac{\partial^2}{\partial t^2}\left\{A(x)\xi\left\{\frac{\varrho'}{A'(x)}\left(1-\frac{\partial\xi'}{\partial x}\right)+\frac{\varrho}{A(x)}\left(1+\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)\right\}\right\}=g(\varrho-\varrho')b(x)\frac{1}{b(x)}\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{1}{b(x)}\frac{\partial}{\partial x}\left\{A(x)\xi\right\}\right]$$

Soient u et v deux nouvelles variables donnés par:

$$u = \mathrm{A}(x)\xi, \quad v = \int dx b(x) \tag{6}$$

nous pourrons écrire l'équation (5) en négligeant les termes de second ordre:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}\left(\frac{\varrho'}{\mathrm{A}'(x)} + \frac{\varrho}{\mathrm{A}(x)}\right) = b(x)g(\varrho - \varrho')\frac{\partial^2 u}{\partial v^2} \tag{7}$$

ou

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = g(\varrho - \varrho')\,\Sigma(v)\frac{\partial^2 u}{\partial^2 v} \tag{8}$$

ou

$$\Sigma(v) = \frac{b(x)}{\dfrac{\varrho'}{\mathrm{A}'(x)} + \dfrac{\varrho}{\mathrm{A}(x)}} \tag{9}$$

Puisque la seiche de température est une oscillation stationnaire, ξ et par conséquent u est une fonction périodique du temps.

Supposons cette fonction périodique composée de termes simples harmoniques et écrivons:

$$u = \Sigma \mathrm{P} \sin n(t - \tau) \tag{10}$$

où P est une fonction de v seul et τ est constant.

La valeur qu'on peut admettre pour u dépend des circonstances dans chaque cas, mais pour que (10) satisfasse (8) il faut que nous ayons:

$$-n^2\mathrm{P} = g(\varrho - \varrho')\,\Sigma(v)\frac{\partial^2 \mathrm{P}}{\partial v^2} \tag{11}$$

Par conséquent, la théorie mathématique des seiches de température de faible amplitude dépend de l'équation différentielle:

$$\frac{d^2\mathrm{P}}{dv^2} + \frac{n^2\mathrm{P}}{g(\varrho - \varrho')\,\Sigma(v)} = o \tag{12}$$

Cette équation est exactement de même forme que l'équation obtenue par M. le Prof. Chrystal[1] pour les seiches ordinaires, ce qui a une importance capitale, car elle permet d'étendre aux seiches de température tout le travail de M. le Prof. Chrystal sur les seiches ordinaires. Son équation avait la forme:

$$\frac{d^2\mathrm{P}}{dv^2} + \frac{n^2\mathrm{P}}{g\sigma(v)} = 0$$

[1] Professor Chrystal. On the Hydrodynamical Theory of Seiches. *Trans. Roy. Soc. Ed.* vol. XLI, part. III, p. 599.

Pour comparer ces deux équations, il faut remarquer que pour les seiches de température l'origine était prise à la surface de séparation des deux couches, tandis que pour les seiches ordinaires elle est prise à la surface libre du lac. $\Sigma(v)$ est d'une forme plus complexe que $\sigma(v)$, ce qui rend le calcul de la période de la seiche de température assez difficile. Mais à part cette différence et avec la difiérence, en outre, que pour la seiche de température g est multiplié par le facteur $(\rho-\rho')$, les deux équations ont exactement la même forme.

La méthode pour le calcul de la période de la seiche de température d'un lac est la même que celle pour le calcul de la période d'une seiche ordinaire. La première chose est la construction d'une courbe normale de température, c'est-à-dire une courbe dont les ordonnés sont :

$$v = \int dx b(x) \quad \text{et} \quad \Sigma(v) = \frac{b(x)}{\dfrac{\varrho}{A(x)} + \dfrac{\varrho'}{A'(x)}}$$

Il faudra déterminer ensuite la profondeur à laquelle on suppose qu'a lieu la discontinuité subite de température, ainsi que la densité moyenne des couches d'eau au-dessus et au-dessous de cette profondeur. On dessinera ensuite pour cette profondeur une ligne isobathe sur la carte du lac, et l'aire enfermée par cette ligne sera l'aire de la surface de séparation. Il faudra calculer les aires de sections transversales du lac au-dessus et au-dessous de la surface de séparation en un nombre suffisant de points pour donner une approximation aussi juste que possible de la forme de la courbe normale. La courbe normale pour une seiche ordinaire n'a pas la même forme que la courbe normale de température. Dans un lac de section transversale rectangulaire et de section longitudinale parabolique, la courbe normale ordinaire est une parabole, la courbe normale de température pour le même lac ne serait pas parabolique. Tous les lacs pour lesquels la courbe normale de température est la même, doivent avoir la même période pour les seiches de température, et l'on pourra toujours trouver une cuvette à section transversale rectangulaire dont la période de seiche de température sera la même que celle de telle ou telle cuvette dont on aura fait l'étude.

En supposant pour un lac de section transversale rectan-

gulaire une courbe normale de température parabolique dont l'équation est $y = \mathrm{H}\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)$, il sera facile de calculer quelle doit être la forme actuelle de la cuvette. En effet, si h' et $h(x)$ désignent les profondeurs respectives de la couche supérieure et de la couche inférieure nous aurons :

$$\frac{1}{\frac{\varrho}{h(x)} + \frac{\varrho'}{h'}} = \mathrm{H}\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)$$

Le trait extérieur de la fig. 1 donne la section longitudinale d'un lac dont la section transversale est rectangulaire et la courbe normale de température parabolique. Comme c'est là le cas le plus simple, nous allons l'examiner d'un peu plus près.

L'équation (12) nous donne :

$$\frac{d^2\mathrm{P}}{dx^2} + \frac{n^2\mathrm{P}}{g(\varrho - \varrho')\mathrm{H}\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)} = 0 \tag{13}$$

ou si

$$w = \frac{x}{a} \quad \text{et} \quad c = \frac{n^2 a^2}{g(\varrho - \varrho')\mathrm{H}},$$

$$(1 - w^2)\frac{d^2\mathrm{P}}{dw^2} + c\mathrm{P} = 0. \tag{14}$$

En usant du même procédé que celui dont M. le Prof. Chrystal se sert pour les seiches ordinaires, nous obtenons :

$$\mathrm{T}\nu = \frac{\pi l}{\sqrt{\nu(\nu+1)g(\varrho - \varrho')\mathrm{H}}} \tag{15}$$

où ν désigne le nombre de nœuds de l'oscillation ; H se rapporte à la courbe normale de température et ne désigne pas la profondeur du lac, mais est déterminé, comme plus haut, par la relation :

$$\frac{\varrho}{h(x)} + \frac{\varrho'}{h'} = \mathrm{H}\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right).$$

Pour les lacs, ρ' et ρ sont presque égaux et l'erreur n'est pas grande si à la place de $\frac{\rho}{h(x)} + \frac{\rho'}{h'}$ l'on écrit $\frac{1}{h(x)} + \frac{1}{h'}$. En désignant par h_0 la profondeur au-dessous de la surface de séparation où se trouve l'origine, l'on a :

$$\mathrm{H} = \frac{h_0 h'}{h_0 + h'}$$

et nous pourrons écrire (15) de la manière suivante :

$$\text{(16)} \qquad T\nu = \frac{\pi l \sqrt{h_0 + h'}}{\sqrt{\nu(\nu+1)\, g(\varrho - \varrho')h_0 h'}}$$

Considérons maintenant le mouvement des particules d'eau dans les couches supérieure et inférieure. En adoptant la notation du Prof. Chrystal pour des fonctions de seiches, nous obtenons deux séries de solutions pour (14) :

$$\xi h(x) = u = AC(c_{2s-1}, w) \sin n_{2s-1}(t-\tau)$$

$$\text{(17)} \quad \begin{cases} \xi = \dfrac{A}{h(x)} C(c_{2s-1}, w) \sin n_{2s-1}(t-\tau) \\ \zeta = -\dfrac{A}{a} C'(c_{2s-1}, w) \sin n_{2s-1})t-\tau) \end{cases}$$

$$\text{(17')} \quad \begin{cases} \xi' = \dfrac{A'}{h'} C(c'_{2s-1}, w) \sin n_{2s-1}(t-\tau) \\ \zeta' = -\dfrac{A'}{a} C'(c'_{2s-1}, w) \sin n_{2s-1}(t-\tau) \end{cases}$$

ou

$$\text{(18)} \quad \begin{cases} \xi = \dfrac{B}{h(x)} S(c_{2s}, w) \sin n_{2s}(t-\tau) \\ \zeta = -\dfrac{B}{a} S'(c_{2s}, w) \sin n_{2s}(t-\tau) \end{cases}$$

$$\text{(18')} \quad \begin{cases} \xi' = \dfrac{B'}{h'} S(c'_{2s}, w) \sin n_{2s}(t-\tau) \\ \zeta' = -\dfrac{B'}{a} S'(c'_{2s}, w) \sin n_{2s}(t-\tau) \end{cases}$$

Mais $\zeta = \zeta'$; donc $A = A'$ et $B = B'$, d'où $h(x)\xi = h'\xi'$.

Il nous est possible ainsi de tracer les trajectoires des particules d'eau dans la couche supérieure et dans la couche inférieure, pour des seiches de nodalités variées, et cela a été fait dans la fig. 1 pour une seiche de température uninodale.

Il n'est pas inutile de calculer la rapidité des courants dues aux oscillations de température. Si $\bar{\zeta}$ désigne l'élévation maximum de la Sprungschicht à l'extrémité du lac au-dessus du niveau fixe pour une oscillation uninodale, on aura :

$$\bar{\zeta} = \frac{2A}{a} = \frac{4A}{l}, \quad \text{d'où} \quad A = \frac{l\bar{\zeta}}{4}$$

et le déplacement horizontal d'une particule d'eau de la couche

inférieure hors de sa position moyenne au nœud sera : $\xi = \frac{l\bar{\zeta}}{4h_o}$, et la vitesse maximum du courant horizontal sera :

$$\frac{nl\bar{\zeta}}{4h_o} = \frac{\pi l\bar{\zeta}}{2h_o T_1}.$$

De même, le déplacement horizontal au nœud, d'une particule de la couche supérieure sera $\bar{\xi}' = \frac{l\bar{\zeta}'}{4h'}$ et le courant horizontal maximum sera :

$$\frac{nl\bar{\zeta}}{4h'} = \frac{\pi l\bar{\zeta}}{2h' T_1}$$

de sens opposé au courant de la couche inférieure. Par conséquent, si le Madüsee (dont il sera parlé plus loin) était un lac dont la courbe normale de température soit parabolique, avec $l = 15$ km., $h' = 15$ m., et $h_o = 25$ m., lorsque le déplacement maximum de la Sprungschicht à l'extrémité du lac était de 5 m., on aurait un déplacement au nœud de 750 m., dans la couche inférieure et 1250 m. dans la couche supérieure. La vitesse maximum des courants dans la couche inférieure et dans la couche supérieure serait respectivement de 80 et de 130 cm. par minute, ou une vitesse relative de 2 m. par minute.

En considérant maintenant le cas général d'un lac de largeur et de profondeur variables, il résulte de la théorie que la forme de la cuvette en dehors des extrémités de la surface de séparation est irréalisable toutes les fois que $A(x) = o$, (c'est-à-dire à l'extrémité de la surface de séparation) car

$$\frac{1}{\frac{\varrho}{A(x)} + \frac{\varrho'}{A'(x)}}$$

devient aussi égal à zéro quelle que soit la valeur déterminée de $A'(x)$.

Il a été fait des expériences de laboratoire, qui non seulement ont confirmé la théorie générale, mais qui ont montré que dans la limite des erreurs d'observations, la forme de la cuvette en dehors des extrémités de la surface de séparation est irréalisable. En conséquence, un bas-fonds à l'extrémité d'un lac qui affecterait considérablement une seiche ordinaire, serait sans

effet sur une seiche de température. Il est facile de se rendre compte également que des côtes escarpées n'ont qu'une importance relativement faible sur les seiches de température. S'il y avait un escarpement juste à la surface de séparation, son effet sur une seiche de température serait le même que l'effet produit par une côte plate sur une seiche ordinaire.

Pour faire l'expérience on s'est servi d'une petite cuvette avec devant en verre, dont la section transversale était rectangulaire et la section longitudinale parabolique. On superposait, pour obtenir les différences des densités, une couche de paraffine sur une couche d'eau. La profondeur des couches respectives était variable, et dans quelques-unes des expériences la cuvette était tronquée aux extrémités de la surface de séparation. Les résultats concordaient parfaitement avec la théorie dans les limites de l'erreur. Il fut fait également une ou deux expériences avec une mince couche d'huile d'olive entre la paraffine et l'eau, qui eut pour effet de rallonger légèrement, quoique d'une manière appréciable, la période des oscillations. Ce fait démontre qu'il n'y a pas une importance capitale pour les oscillations à ce qu'elles trouvent une subite discontinuité de température dans le lac, il indique qu'une discontinuité graduelle a pour effet de rallonger la période.

Il est à remarquer également que la théorie suppose que juste au-dessus et au-dessous de la surface de discontinuité de la température, le mouvement des particules d'eau est de sens opposé et qu'il y a, en fait, un glissement à la surface de séparation. Il est probable, en réalité, qu'il se forme des tourbillons qui tendront toujours à allonger la période de l'oscillation.

Les observations les plus récentes démontrant l'existence de seiches de température dans un lac ont été faites par M. le Prof. Halbfass et l'auteur sur le Madüsee en Poméranie, en juillet et août 1910. Le Prof. Halbfass ayant quelque doute sur la nature de la seiche de température, l'auteur proposa une expédition commune, que le Prof. Halbfass accepta. Les observations furent faites aux deux extrémités du Madüsee, et l'opposition dans la phase des oscillations était très satisfaisante. La fig. 2 montre l'oscillation pour l'isotherme 12° C. pendant les quatorze premiers jours du mois d'août. La ligne continue se rap-

porte aux observations faites à Moritzfelde, à l'extrémité nord du lac, et la ligne pointillée à celles qui furent faites à Werben, à l'extrémité sud. Le Madüsee est situé dans une contrée extrêmement plate et par conséquent on ne peut accepter l'hypothèse faite par le Prof. Halbfass que les oscillations observées sur le Loch Ness et le Loch Garry étaient dues à l'escarpement de leurs côtes et au fait que le vent souffle toujours d'un bout du lac à l'autre, et d'ailleurs le Prof. Halbfass reconnaît maintenant avec l'auteur que dans tous les lacs où la discontinuité de température est suffisamment marquée, il se produira une seiche de température, à moins que les vents ne soient très légers et variables. Le Prof. Birge à Wisconsin a essayé d'expliquer les oscillations observées au Loch Ness en les rapportant directement aux conditions météorologiques et semble croire que chacune des oscillations est due à un changement dans la direction du vent. Il semble, au contraire, à l'auteur, que les preuves en faveur de la théorie développée plus haut sont indiscutables et que le point de vue de M. Birge n'est pas soutenable.

La fig. 3 montre les deux courbes normales pour le Madüsee ; la courbe normale de température étant représentée par le trait continu épais, et la courbe normale ordinaire par le trait pointillé. La forme des courbes normales est bizarre, la brusque ascension vers le centre étant due à un rétrécissement du lac en un point. A l'extrémité sud, le lac est très peu profond et large, et cela rend impossible une forme rectangulaire approximative du lac.

La profondeur de la couche de discontinuité fut prise à 15 m., et un rayon de 15 m. fut laissé de côté tout autour de ce bas-fonds, de telle sorte qu'il ne pouvait avoir d'influence sur la période de la seiche de température. C'est cette raison qui fait que la courbe normale de la seiche de température ne remonte pas à la même place que la courbe normale de la seiche ordinaire, parce que la surface de discontinuité de température était beaucoup plus petite que la surface libre du lac. Le bas-fonds à l'extrémité sud du lac est la cause du déplacement. La parabole figurée par un trait fin a été définie pour représenter approximativement la courbe normale de température ; il n'a

pas paru nécessaire de procéder à une approximation plus rigoureuse, en raison des nombreuses hypothèses qui ont été faites au sujet de la soudaineté de la discontinuité de température avec des températures uniformes au-dessus et au-dessous de cette zone. La période calculée au moyen de cette parabole approximative était de 24.8 heures. L'analogie entre la courbe normale de température et la courbe normale ordinaire fait supposer que la période de la seiche de température pourrait être déduite de la période de la seiche ordinaire qui était d'environ 35.5 min. La période de la seiche de température fut calculée à partir de l'équation :

$$T = t. \frac{\text{aire de la surface de séparation}}{\text{aire de la surface libre}} \sqrt{\frac{h \text{ de la courbe normale ordinaire}}{h \text{ de la courbe normale de température } (\rho - \rho')}}$$

où T désigne la période de la seiche de température, et t celle de la seiche ordinaire. La période ainsi calculée fut trouvée de 24 heures. La période mesurée variait entre 24,6 et 25,3 heures, en sorte que la concordance entre la théorie et les observations est très satisfaisante. Le calcul de la période de la seiche de température à partir de celle de la seiche ordinaire est particulièrement instructif, parce que dans presque tous les lacs la courbe normale de température aura presque la même forme que la courbe normale ordinaire, et le rapport de H pour les deux courbes peut être obtenu à une première approximation en considérant une section transversale à la partie la plus profonde du lac. Il devient ainsi inutile de se livrer au travail laborieux de la construction d'une courbe normale. En appliquant cette méthode de calcul au Loch Ness dont la seiche ordinaire a une période de 31.1 min., on obtient pour la seiche de température une période de 63 heures, qui est conforme à la durée de la période observée.

Les seiches de température sont facilement dues à des vents modérés, et plus la différence de température entre la surface et le fond du lac sera petite, plus leur amplitude sera grande. Pour le Loch Ness comme pour le Madüsee, l'amplitude devenait si grande que la zone de discontinuité atteignait la surface à l'extrémité du lac contre laquelle le vent soufflait. Le vent, en transportant l'eau plus chaude de la surface du lac à l'ex-

trémité du lac. occasionne un fléchissement dans les isothermes, et les oscillations commencent à la surface de la zone de discontinuité de température, lorsque la force des vents faiblit. Il s'en suit que si les seiches de température prennent facilement naissance, elles sont très facilement troublées et il ne faut pas s'attendre à une grande régularité de leurs oscillations.

La question des oscillations dues à la température attire actuellement d'une manière toute spéciale l'attention des océanographes, et il est probable que les observations des limnologistes contribueront à expliquer certains phénomènes qui les laissent perplexes. Nous ne mentionnerons ici que les observations du Prof. Pettersson à Skagerrak, où il fit des expériences en 1909 et reconnut une oscillation de température d'une période de 14 jours. Le calcul de cette période donna également la durée de 14 jours, en supposant que cette oscillation était due à une onde stationnaire à la surface de séparation entre l'eau dense du fond et l'eau plus légère de la surface avec un nœud à l'embouchure du Skagerrak; il est probable, en conséquence, que l'oscillation observée par le Prof. Pettersson est une seiche de température semblable à celles des lacs d'eau douce.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT L'ANNÉE 1909

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

R. GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

ET

H. DUAIME

I. *Introduction*

Il n'y a rien eu de changé en 1909 à l'organisation des stations météorologiques des fortifications de Saint-Maurice. Elles sont toujours au nombre de quatre : *Lavey-village, Savatan, Dailly* et *l'Aiguille,* les deux du milieu étant seules des stations complètes. Nous renvoyons donc à ce que nous en disions dans les résumés des années précédentes ; et nous rappelons seulement que, cette année encore, le baromètre de la station de Dailly est resté à l'intendance du fort, à 15 mètres au-dessus de son ancien emplacement, au bureau de tir. Pour ne pas rompre l'homogénéité des valeurs de la pression atmosphérique avec celles des années antérieures, une correction uniforme de $+ 1^{mm},2$ a été ajoutée à toutes les hauteurs barométriques observées en 1909, comme à celles des cinq années précédentes et à celles de la deuxième moitié de 1903.

Le service des observations continue à être confié aux sous-officiers des forts. Nous leur adressons ici nos remerciements

pour la manière dont ils s'acquittent de leur tâche. Nous sommes heureux aussi de profiter de cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à M. le colonel Dietler, chef du Service des fortifications, et à son successeur à St-Maurice, M. le lieutenant-colonel Grosselin, chef du bureau des fortifications, ainsi qu'à MM. les officiers placés sous leurs ordres, pour la manière dont le service météorologique a marché en 1909.

La forme de la publication des *observations mensuelles* est restée la même que de 1903 à 1908. Elles sont groupées par saisons. La forme du *résumé annuel* a aussi été maintenue, et nous avons partout calculé les résultats et les moyennes pour l'*année civile*, comme pour l'*année météorologique*, quoique le détail des observations de décembre 1909 ne soit pas donné ici.

Les tableaux de ce résumé annuel sont les mêmes que ceux du précédent. Ils portent sur les cinq éléments météorologiques observés aux forts de Saint-Maurice : la *température*, la *pression atmosphérique*, l'*humidité de l'air*, la *nébulosité*, puis la *pluie* et la *neige*. Il s'y ajoute, comme pour les cinq dernières années, quelques petits tableaux supplémentaires relatifs au *brouillard*, à la *persistance de la neige* sur le sol, aux *orages* et aux cas de *fœhn*.

Enfin, nous y avons joint, comme en 1908, un dernier tableau (XX) comprenant les *écarts* des principaux éléments météorologiques par rapport aux moyennes de dix ans (1898-1907), que nous avons publiées précédemment [1].

Les éléments sur lesquels sont basés ces vingt tableaux se trouvent, pour la plupart, dans les tableaux mensuels publiés en premier lieu, et il suffira de les accompagner de quelques brèves explications.

II. *Température.*

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly : 1° les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, saisons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes, calculées, comme dans les publications

[1] *Archives*, t. XXVIII, p. 274, septembre 1909.

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN, 1909

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Température moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Température moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1908	- 0.71	+ 1.50	- 0.09	+ 0.23	+ 0.15	- 2.0	+ 2.7
Janv. 1909	- 4.24	- 1.71	- 2.92	- 2.96	- 2.95	- 5.5	- 0.1
Février	- 4.31	- 0.72	- 2.41	- 2.48	- 2.46	- 5.0	+ 0.7
Mars	- 0.20	+ 3.85	+ 1.65	+ 1.77	+ 1.74	- 1.3	5.4
Avril	+ 6.87	13.03	9.98	9.96	9.97	+ 5.7	15.6
Mai	8.47	14.68	12.04	11.73	11.81	7.6	17.6
Juin	11.20	15.61	12.57	13.12	12.99	9.7	17.7
Juillet	12.30	17.36	14.95	14.87	14.89	11.2	19.6
Août	13.96	17.96	16.35	16.09	16.15	12.8	21.2
Septembre	10.85	14.47	12.89	12.73	12.77	9.8	16.4
Octobre	9.03	12.38	10.25	10.55	10.48	7.8	13.6
Novembre	1.35	3.94	2.76	2.68	2.70	+ 0.5	4.8
Décembre	+ 1.28	+ 2.62	+ 1.35	+ 1.75	+ 1.65	- 0.6	+ 4.2
Hiver	- 3.04	- 0.30	- 1.79	- 1.71	- 1.73	- 4.1	+ 1.1
Printemps	+ 5.03	+10.50	+ 7.87	+ 7.80	+ 7.82	+ 4.0	12.9
Eté	12.50	16.99	14.65	14.71	14.69	11.2	19.5
Automne	7.10	10.29	8.65	8.68	8.67	6.0	11.6
Année mét.	5.44	9.42	7.39	7.42	7.41	4.3	11.3
Année civ.	5.61	9.51	7.51	7.54	7.53	4.5	11.5

II. TEMPÉRATURE. DAILLY, 1909

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Température moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Température moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1908	- 1.39	+ 1.14	- 0.87	- 0.37	- 0.25	- 4.4	+ 2.2
Janv. 1909	- 3.30	- 0.13	- 3.03	- 2.15	- 2.37	- 7.0	+ 1.0
Février	- 6.19	- 2.93	- 4.94	- 4.69	- 4.75	- 9.1	- 1.5
Mars	- 3.00	+ 0.53	- 1.08	- 1.18	- 1.16	- 5.9	+ 1.9
Avril	+ 5.07	9.89	+ 7.05	+ 7.34	+ 7.27	+ 1.5	11.6
Mai	6.38	10.91	8.65	8.65	8.65	3.4	12.8
Juin	8.39	11.38	9.26	9.68	9.57	5.4	13.1
Juillet	9.75	13.84	12.18	11.92	11.99	6.9	15.5
Août	11.45	15.61	13.39	13.48	13.46	8.8	17.4
Septembre	8.06	11.74	9.66	9.82	9.78	5.5	13.0
Octobre	+ 7.00	10.19	+ 7.93	8.37	8.26	+ 4.1	11.6
Novembre	- 0.92	2.24	- 0.08	0.41	0.29	- 3.8	3.7
Décembre	- 0.11	+ 2.06	+ 0.24	+ 0.73	+ 0.61	- 3.7	+ 3.1
Hiver	- 3.54	- 0.57	- 2.88	- 2.33	- 2.47	- 6.7	+ 0.6
Printemps	+ 2.80	+ 7.08	+ 4.85	+ 4.91	+ 4.89	- 0.3	8.7
Eté	9.88	13.63	11.64	11.72	11.70	+ 7.0	15.4
Automne	4.74	8.08	5.86	6.23	6.14	1.9	9.5
Année mét.	3.50	7.10	4.91	5.17	5.10	0.5	8.6
Année civ.	3.61	7.18	5.00	5.26	5.20	0.6	8.7

du Bureau central météorologique suisse[1], sur deux formules différentes : *a)* en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b)* en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que nous avons employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima.

L'année 1909 a été, comme à Genève, une année froide, grâce surtout à l'hiver et à l'été, tous deux sensiblement plus froids que la moyenne (voir au tableau XX). Seuls les mois d'avril, mai et octobre ont été plus chauds que la normale, avril surtout, et le printemps est la seule saison qui dépasse un peu la moyenne. L'année météorologique est plus froide que l'année civile, à cause du mois de décembre 1909 qui a été chaud.

L'amplitude annuelle correspond, à Savatan aux mois de janvier et d'août, à Dailly à ceux de février et d'août. Elle est de 19°,1 à la station basse et de 18°,2 à la station élevée. C'est un peu plus que la moyenne.

En comparant les températures des deux stations dans le courant de l'année, on trouve, comme toujours, une *décroissance variable avec l'altitude* suivant les saisons et les mois. Elle est donnée dans le petit tableau suivant. La différence de hauteur des thermomètres est de 574 mètres.

Saison.	Décroissance de la température. Absolue.	Pour 100 m.
	°	°
Hiver	0.74	0.13
Printemps	2.93	0.51
Été	2.99	0.52
Automne	2.53	0.44

La décroissance est, comme toujours, plus faible en hiver ; elle est même renversée en janvier : — 0°,58, soit — 0°,10 par 100 mètres. — La décroissance maximum est au mois de juin, où elle est de 3°,42 ou de 0°,60 par 100 mètres.

Les cas d'*inversion de la température* entre les deux stations sont indiqués dans le petit tableau suivant. Ils sont relevés sur les tableaux des températures diurnes des différents mois :

[1] *Annalen der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt.*

Jours d'inversion de la température.

Décembre	1908	13 jours	Août	1909	1 jour
Janvier	1909	15 »	.....		
Février	»	2 »	Octobre	»	3 »
.....			Novembre	»	3 »
			Décembre	»	7 »
Année météorol.		37 jours	Année civile		31 jours

Les cas d'inversion de la température se sont présentés en hiver et en automne en 1909. Le nombre maximum tombe en janvier, puisque ce mois a été plus chaud à Dailly qu'à Savatan. Le total annuel est très inférieur à ce qu'il était en 1908 et revient à un chiffre assez ordinaire aux forts de St-Maurice.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année d'après leurs températures moyennes, ces températures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, de — 10° à + 25° pour Savatan et de — 15° à + 20° pour Dailly. Ils indiquent en même temps, pour les différents mois et pour l'année, les jours les plus froids et les plus chauds.

Les *tableaux V* et *VI* donnent les *températures extrêmes* observées à Savatan et à Dailly, ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui fournit les totaux de *jours de gel* et de *jours de non-dégel*. Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés précédemment, mais elles ont été relevées sur les feuilles des observations originales et sur les feuilles de réduction conservées à l'observatoire de Genève. D'après ces deux tableaux, l'*amplitude extrême* de la température n'est que de 40°,0 à Savatan et de 41°,7 à Dailly.

III. *Pression atmosphérique.*

Rappelons tout d'abord que, à partir du 1er décembre 1903, les corrections des baromètres de Savatan et de Dailly ont été modifiées d'après les comparaisons faites le 7 octobre 1903. Elles sont actuellement de + 1mm,56 pour Savatan et de + 0mm,70 pour Dailly.

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent, pour Savatan et pour

III. Classement des températures diurnes. SAVATAN, 1909.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25		
Déc. 1908	—	3	11	14	3	—	—	—	- 7.7° le 31	+ 9.5° le 16
Janv. 1909	—	10	15	5	1	—	—	—	- 7.9 le 4	7.3 le 14
Février..	—	4	19	5	—	—	—	—	- 9.7 le 25	3.3 le 5
Mars....	—	—	12	13	5	1	—	—	- 3.5 les 2 et 5	11.6 le 29
Avril....	—	—	1	4	8	14	3	—	0.0 le 4	18.9 le 24
Mai.....	—	—	1	2	10	11	7	—	- 0.5 le 2	19.7 le 24
Juin.....	—	—	—	—	4	20	4	2	+ 6.7 le 12	20.5 le 2
Juillet...	—	—	—	—	5	10	14	2	7.0 le 11	21.0 le 25
Août....	—	—	—	—	2	11	15	3	8.9 le 23	20.7 le 8
Sept.....	—	—	—	—	—	28	2	—	10.1 le 1	18.1 le 9
Octobre..	—	—	—	1	8	20	2	—	+ 3.5 le 25	15.3 le 5
Nov.....	—	—	5	19	6	—	—	—	- 3.8 le 24	9.9 le 15
Déc.....	—	1	9	16	3	2	—	—	- 5.5 le 11	11.7 le 23
An. mét.	—	17	64	63	52	115	47	7	- 9.7 le 25 fév.	+21.0 le 25 juil.
An. civ..	—	15	62	65	52	117	47	7	id.	id.

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1909.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25		
Déc. 1908	—	4	9	18	—	—	—	—	- 9.4° le 30	+ 4.5° le 16
Janv. 1909	—	7	16	7	1	—	—	—	- 9.4 le 26	5.2 le 15
Février..	3	8	15	2	—	—	—	—	-12.8 le 25	3.0 le 4
Mars....	—	4	15	10	2	—	—	—	- 6.8 le 16	6.5 le 29
Avril....	—	—	3	6	9	12	—	—	- 3.9 le 3	14.3 le 24
Mai.....	—	—	1	5	15	6	4	—	- 3.9 le 2	16.8 le 24
Juin.....	—	—	—	3	15	9	3	—	+ 3.4 le 13	16.6 le 2
Juillet...	—	—	—	1	8	16	6	—	3.9 le 11	19.7 le 25
Août....	—	—	—	—	6	14	11	—	6.9 le 22	19.2 le 8
Sept....	—	—	—	—	17	12	1	—	6.9 le 5	16.6 le 9
Octobre..	—	—	—	2	19	10	—	—	+ 1.0 le 25	14.4 le 4
Nov.....	—	2	14	10	4	—	—	—	- 8.1 le 23	8.5 le 2
Déc.....	—	2	10	14	5	—	—	—	- 6.2 le 10	7.5 le 28
An. mét.	3	25	73	64	96	79	25	—	-12.8 le 25 fév.	+19.7 le 25 juil.
An. civ..	3	23	74	60	101	79	25	—	id.	id.

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1909.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1908....	- 9.6	le 31	+12.4	le 16	23	9
Janvier 1909..	-10.8	le 6	9.2	le 14	27	18
Février	-12.4	le 25	5.8	le 5	27	11
Mars	- 6.8	le 3	15.0	le 31	19	1
Avril	- 5.0	le 4	24.6	le 24	3	—
Mai	- 1.8	le 3	26.6	le 24	2	—
Juin.....	+ 5.2	le 13	26.0	les 1 et 2	—	—
Juillet.....	6.0	le 1	27.6	le 26	—	—
Août	7.0	le 23	27.2	le 8	—	—
Septembre ...	6.6	le 6	26.0	le 9	—	—
Octobre.....	+ 1.0	le 25	19.2	le 5	—	—
Novembre....	- 6.2	le 24	13.6	le 15	8	2
Décembre. ...	- 8.2	le 11	14.6	le 23	14	6
Année mét...	-12.4	le 25 fév.	+27.6	le 26 juillet	109	41
Année civile..		id.		id.	100	38

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1909.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1908....	-13.2	le 31	+ 8.3	le 1	27	8
Janvier 1909..	-12.5	le 27	8.3	le 15	30	10
Février	-16.8	le 25	5.5	le 4	28	19
Mars	-12.1	le 16	9.9	le 31	30	10
Avril.	- 9.9	le 5	21.2	le 24	9	—
Mai	- 7.2	le 2	21.5	le 25	5	1
Juin.....	+ 0.2	le 13	21.7	le 2	—	—
Juillet.....	1.5	le 1	24.9	le 25	—	—
Août	3.2	le 5	23.9	le 16	—	—
Septembre ...	+ 2.9	les 1 et 6	20.8	le 9	—	—
Octobre.....	- 3.2	le 26	18.2	le 4	2	—
Novembre....	-11.8	le 24	14.0	le 13	25	6
Décembre. ...	-11.1	le 11	9.5	les 3 et 28	26	4
Année mét...	-16.8	le 25 février	+24.9	le 25 juillet	156	54
Année civile..		id.		id.	155	50

Dailly. les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois. les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes. prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux four-

nissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période.

On ne peut naturellement pas, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la *variation diurne* de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une différence assez sensible dans l'allure des oscillations diurnes des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564^{m},75 [1].

Si l'on suit la *variation annuelle* de la pression atmosphérique par les valeurs des pressions moyennes des mois, on constate, aux deux stations, un premier maximum de pression en janvier 1909, qui est le maximum principal pour Savatan ; un premier minimum (principal) en mars, puis un second maximum en mai suivi d'un minimum secondaire en juin ; ensuite le troisième maximum, qui est le maximum principal pour Dailly, en août ; enfin un minimum secondaire en décembre 1909.

Les *tableaux IX* et *X* reproduisent, pour les deux stations, les valeurs extrêmes de la pression atmosphérique, relevées sur les tableaux conservés à l'observatoire de Genève.

IV. *Humidité de l'air.*

Les *tableaux XI* et *XII* fournissent, pour Savatan et Dailly et pour les treize mois, les saisons et l'année : d'abord les valeurs moyennes de la fraction de saturation aux heures des trois observations diurnes, puis la valeur de la *fraction de saturation moyenne*, enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Une dernière colonne fournit, par symétrie avec les tableaux analogues des résumés pour Genève et le Grand Saint-Bernard, la *fréquence relative de la saturation.*

En 1909, la fraction de saturation moyenne annuelle est de nouveau, et contrairement à 1908, à peu près la même aux deux stations. La variation annuelle y est aussi moins dissemblable que l'an dernier. Le printemps est également sec aux deux stations et l'automne humide. Mais à Savatan l'hiver est aussi

[1] Voir la remarque au début de l'Introduction.

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN, 1909.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1908	703.41	- 0.01	- 0.13	+ 0.14
Janvier 1909	707.03	+ 0.22	- 0.38	+ 0.16
Février	703.29	+ 0.12	- 0.24	+ 0.12
Mars	695.49	- 0.04	- 0.27	+ 0.31
Avril	704.20	+ 0.16	- 0.29	+ 0.13
Mai	705.05	+ 0.37	- 0.36	- 0.01
Juin	703.31	+ 0.15	- 0.34	+ 0.19
Juillet	705.03	+ 0.20	- 0.26	+ 0.06
Août	705.11	+ 0.01	- 0.14	+ 0.13
Septembre	704.28	0.00	- 0.38	+ 0.38
Octobre	704.40	0.00	- 0.10	+ 0.10
Novembre	702.20	+ 0.14	- 0.22	+ 0.08
Décembre	700.17	- 0.19	- 0.10	+ 0.29
Hiver	704.62	+ 0.11	- 0.25	+ 0.14
Printemps	701.55	+ 0.17	- 0.31	+ 0.14
Eté	704.50	+ 0.12	- 0.25	+ 0.13
Automne	703.64	+ 0.04	- 0.23	+ 0.19
Année météorologique	703.57	+ 0.11	- 0.26	+ 0.15
Année civile	703.30	+ 0.10	- 0.26	+ 0.16

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY, 1909.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1908	656.37	- 0.07	- 0.25	+ 0.32
Janvier 1909	659.33	+ 0.09	- 0.32	+ 0.23
Février	655.56	+ 0.04	- 0.18	+ 0.14
Mars	648.63	- 0.17	- 0.06	+ 0.23
Avril	658.25	- 0.13	- 0.04	+ 0.17
Mai	659.34	+ 0.05	- 0.26	+ 0.21
Juin	658.02	- 0.03	- 0.10	+ 0.13
Juillet	660.04	- 0.06	- 0.14	+ 0.20
Août	660.51	+ 0.03	- 0.12	+ 0.09
Septembre	658.96	+ 0.05	- 0.13	+ 0.08
Octobre	659.07	+ 0.07	- 0.17	+ 0.10
Novembre	655.13	+ 0.05	- 0.04	- 0.01
Décembre	653.54	- 0.13	- 0.26	+ 0.39
Hiver	657.14	+ 0.02	- 0.25	+ 0.23
Printemps	655.38	- 0.08	- 0.12	+ 0.20
Eté	659.54	- 0.02	- 0.12	+ 0.14
Automne	657.74	+ 0.05	- 0.11	+ 0.06
Année météorologique	657.45	- 0.01	- 0.15	+ 0.16
Année civile	657.21	- 0.01	- 0.15	+ 0.16

humide que l'été, tandis qu'à Dailly il est aussi sec que le printemps.

Le mois le plus sec est avril aux deux stations ; les plus humides sont octobre et décembre 1909 à Savatan ; à Dailly ce sont février et septembre.

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1909.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1908.....	683.8 le 11	714.6 le 1	30.8
Janvier 1909.....	693.8 le 8	717.7 le 4	23.9
Février.....	688.3 le 12	710.5 le 20	22.2
Mars.....	685.1 le 15	704.6 le 24	19.5
Avril.....	699.2 les 12 et 27	709.8 le 8	10.6
Mai.....	698.4 le 10	711.7 le 24	13.3
Juin.....	697.2 le 11	710.7 le 19	13.5
Juillet.....	695.3 le 7	710.8 le 18	15.5
Août.....	697.9 le 21	711.5 le 20	13.6
Septembre.....	699.3 le 8	711.1 le 24	11.8
Octobre.....	692.6 le 27	711.4 le 22	18.8
Novembre.....	692.2 le 15	712.0 le 24	19.8
Décembre.....	688.0 le 5	711.5 le 9	23.5
Année météorologique.	683.8 le 11 déc. 08	717.7 le 4 jan.	33.9
Année civile.....	685.1 le 15 mars 09	id.	32.6

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1909.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1908.....	637.8 le 11	667.5 le 1	29.7
Janvier 1909.....	648.2 le 8	668.8 le 5	20.6
Février.....	643.1 le 12	662.3 le 4	19.2
Mars.....	639.2 le 15	657.0 le 24	17.8
Avril.....	653.8 le 13	662.9 le 8	9.1
Mai.....	653.5 le 10	666.9 le 24	13.4
Juin.....	652.9 le 11	665.8 le 19	12.9
Juillet.....	651.5 les 7 et 11	665.5 le 17	14.0
Août.....	653.9 le 22	665.7 le 19	11.8
Septembre.....	655.4 le 1	664.8 le 24	9.4
Octobre.....	649.5 le 27	665.2 le 22	15.7
Novembre.....	646.4 le 21	662.5 le 24	16.1
Décembre.....	642.0 le 5	663.9 le 9	21.9
Année météorologique.	637.8 le 11 déc. 08	668.8 le 5 janv.	31.0
Année civile.....	639.2 le 15 mars 09	id.	29.6

On constate seulement trois cas de minimum bas, un en août à Savatan, deux en avril et en novembre à Dailly. Les cas de saturation sont beaucoup plus fréquents à Dailly ; il y en a cependant un peu moins qu'en 1908 ; à Savatan il y en a moins de la moitié du chiffre de l'année précédente.

V. *Nébulosité.*

Dans le *tableau XIII*, la *nébulosité*, aux trois stations où elle est observée, est indiquée de deux manières différentes : 1° par les nombres de jours *clairs, peu nuageux. très nuageux* et *cou-*

XI. Fraction de saturation en %. SAVATAN, 1909.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen	Minim. absolu	Maxim. absolu	Fréquence relative de la saturation
Déc. 1908..	70	64	69	68	25	100 13 fois	0.140
Janv. 1909.	74	68	77	73	26	100 2 »	0.022
Février....	74	61	68	68	30	100 3 »	0.036
Mars.....	71	59	65	65	23	100 6 »	0.065
Avril	61	49	50	53	24	100 3 »	0.033
Mai.....	75	51	58	61	31	100 2 »	0.022
Juin	78	60	70	69	40	100 5 »	0.056
Juillet	80	60	68	69	37	100 4 »	0.043
Août	77	59	66	67	8	100 2 »	0.022
Septembre.	83	68	67	72	25	100 2 »	0.022
Octobre ...	78	71	75	75	31	100 5 »	0.054
Novembre .	72	63	70	68	21	100 10 »	0.111
Décembre .	81	75	81	79	32	100 14 »	0.151
Hiver.....	72	65	71	69	25	100 18 fois	0.067
Printemps.	69	53	58	60	23	100 11 »	0.040
Eté.....	78	60	68	69	8	100 11 »	0.040
Automne..	78	67	71	72	21	100 17 »	0.062
Année mét.	74	61	67	67	8	100 57 fois	0.052
Année civ.	75	62	68	68	8	100 58 »	0.053

XII. Fraction de saturation en %. DAILLY, 1909.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen	Minim. absolu	Maxim. absolu	Fréquence relative de la saturation
Déc. 1908..	59	52	59	57	20	100 18 fois	0.194
Janv. 1909.	58	46	61	55	17	100 17 »	0.183
Février....	74	69	75	73	24	100 22 »	0.262
Mars.....	74	62	64	67	23	100 23 »	0.247
Avril	54	47	48	50	10	100 10 »	0.111
Mai	74	60	65	66	30	100 13 »	0.140
Juin	78	65	73	72	35	100 23 »	0.256
Juillet	81	65	67	71	25	100 10 »	0.108
Août	79	59	64	67	15	100 16 »	0.172
Septembre.	82	67	72	73	26	100 16 »	0.178
Octobre ...	69	60	71	67	25	100 20 »	0.215
Novembre .	74	58	69	67	7	100 29 »	0.322
Décembre .	74	61	74	70	16	100 22 »	0.237
Hiver.....	64	55	65	61	17	100 57 fois	0.211
Printemps.	67	56	59	61	10	100 46 »	0.167
Eté.....	79	63	68	70	15	100 49 »	0.178
Automne..	75	62	71	69	7	100 65 »	0.238
Année mét.	71	59	66	65	7	100 217 fois	0.198
Année civ.	73	60	67	66	7	100 221 »	0.202

verts, ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprises entre les limites : 0,0 et 2,5, 2,5 et 5,0, 5,0 et 7,5, 7,5 et 10,0 ; 2° par la valeur moyenne de la

XIII. Nébulosité, 1909.

Période.	LAVEY					SAVATAN					DAILLY				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.
Déc. 1908 ..	10	5	4	12	5.0	11	7	2	11	4.6	14	5	3	9	4.2
Janv. 1909..	11	3	7	10	5.2	13	7	3	8	4.4	15	6	4	6	3.6
Février	10	7	2	9	4.6	11	5	4	8	4.3	10	6	4	8	4.6
Mars	1	8	9	13	6.9	4	7	10	10	6.1	3	9	10	9	6.4
Avril	16	3	4	7	3.6	15	3	7	5	3.6	13	4	7	6	4.0
Mai.....	12	6	7	6	4.3	11	6	8	6	4.2	7	10	7	7	4.9
Juin.....	3	4	8	15	7.0	2	4	6	18	7.5	3	5	6	16	7.2
Juillet	8	8	6	9	5.3	8	6	7	10	5.5	8	8	4	11	5.6
Août.....	13	4	10	4	4.2	13	7	5	6	4.2	13	6	4	8	4.4
Septembre..	8	6	8	8	5.2	2	17	7	4	5.4	7	6	7	10	5.4
Octobre	9	5	6	11	5.7	6	11	3	11	5.5	9	5	6	11	5.8
Novembre. .	4	8	5	13	6.0	4	7	11	8	5.9	6	5	10	9	5.8
Décembre ..	5	4	8	14	6.8	7	4	4	16	6.3	7	4	4	16	6.3
Hiver.....	31	15	13	31	5.0	35	19	9	27	4.5	39	17	11	23	4.1
Printemps .	29	17	20	26	5.0	30	16	25	21	4.7	23	23	24	22	5.1
Eté.....	24	16	24	28	5.5	23	17	18	34	5.7	24	19	14	35	5.7
Automne...	21	19	19	32	5.6	12	35	21	23	5.5	22	16	23	30	5.6
Année mét..	105	67	76	117	5.3	100	87	73	105	5.1	108	75	72	110	5.2
Année civ. .	100	66	80	119	5.4	96	84	75	110	5.2	101	74	73	117	5.3

nébulosité de chaque période, ces valeurs moyennes étant d'ailleurs déduites des valeurs de la nébulosité des différents jours, fournies dans les tableaux mensuels.

Il y a, cette année encore, une assez bonne concordance générale, pour la nébulosité, entre les trois stations. On constate pourtant, comme avant, que l'hiver est plus clair à Dailly et le

printemps un peu plus nébuleux. Ainsi avril est le mois le plus clair aux deux stations inférieures, tandis que c'est janvier à Dailly. Le mois le plus nuageux a été partout le mois de juin.

Le *tableau XIV* donne la statistique des *jours de brouillard* aux quatre stations. Les nombres qui figurent au tableau comprennent les jours où le brouillard a été noté pendant une partie de la journée ou pendant tout le jour. Ce dernier cas est rare ; il n'a été constaté, en 1909, qu'une fois à Savatan et trois fois à Dailly et à l'Aiguille.

XIV. Nombre de jours de brouillard en 1909.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1908	0	1	1	1
Janvier 1909	0	4	2	1
Février	0	1	4	4
Mars	0	2	3	1
Avril	0	3	3	3
Mai	0	0	2	3
Juin	0	2	4	7
Juillet	0	0	1	3
Août	0	0	2	4
Septembre	0	2	2	2
Octobre	0	3	3	3
Novembre	0	2	8	10
Décembre	0	3	4	4
Année météorologique	0	20	35	42
Année civile	0	22	38	45

Si l'on compare les quatre stations entre elles, on trouve que le nombre des cas de brouillard est nul à Lavey au fond de la vallée et augmente avec la hauteur, dans la même proportion qu'en 1908, mais plus lentement que les années précédentes. Le maximum se constate naturellement à l'Aiguille, ce qui ne doit pas étonner, vu que très souvent le sommet du territoire des forts est enveloppé de nuages, mais il y a eu sensiblement moins de jours de brouillard à cette station en 1908 et en 1909 qu'auparavant.

VI. *Pluie et neige.*

Le *tableau XV* contient le relevé de tout ce qui concerne les précipitations atmosphériques dans leur ensemble, hauteur d'eau tombée et nombre de jours de précipitations, d'après les chiffres des tableaux mensuels.

XV. Précipitations atmosphériques dans l'année 1909

Période	Hauteur d'eau tombée en mm.				Nombre de jours de précipitations			
	Lavey mm	Savatan mm	Dailly mm	Aiguille mm	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Déc. 1908 ...	56.3	44.7	56.3	51.1	8	8	9	9
Janv. 1909 ..	26.0	33.2	37.3	36.4	7	7	7	7
Février	9.7	11.7	17.9	17.1	5	5	8	8
Mars	75.5	74.8	92.7	72.5	19	18	23	23
Avril	47.9	47.7	50.9	39.8	11	10	14	14
Mai.....	43.6	47.7	58.3	53.9	11	12	13	13
Juin	113.7	114.8	136.4	123.7	21	21	20	20
Juillet	95.3	89.6	101.3	95.3	16	15	18	18
Août.....	121.0	127.0	149.5	142.6	14	13	14	15
Septembre...	99.3	101.7	110.2	100.0	13	16	16	16
Octobre	108.0	107.8	114.3	110.5	12	12	14	14
Novembre...	43.2	45.7	45.4	41.2	7	8	11	11
Décembre ...	172.0	170.1	158.4	140.7	21	21	23	23
Hiver.....	92.0	89.6	111.5	104.6	20	20	24	24
Printemps ..	167.0	170.2	201.9	166.2	41	40	50	50
Eté	330.0	331.4	387.2	361.6	51	49	52	53
Automne....	250.5	255.2	269.9	251.7	32	36	41	41
Année mét..	839.5	846.4	970.5	884.1	144	145	167	168
Année civile.	955.2	971.8	1072.6	973.7	157	158	181	182

L'année 1905 avait été une année très humide, surtout à St-Maurice ; 1906 avait été une année sèche à St-Maurice, comme à Genève ; 1907 avait été un peu moins humide que 1905, mais une des années les plus humides après celle-là pour toute la période décennale de 1898 à 1907 ; enfin 1908 a été, dans l'ensemble, à peu près normale, comme à Genève et au Grand Saint-Bernard.

1909 se comporte sensiblement comme 1908 : l'année est à peu près normale ; mais tandis qu'en 1908, c'était l'année météorologique qui dépassait un peu la moyenne, en 1909 elle reste au dessous, sauf à l'Aiguille. Quant à l'année civile, elle dépasse cette moyenne, à cause du très humide mois de décembre 1909.

Le mois le plus humide après celui-là, et pour l'année météorologique, est celui d'août; mais il est suivi de près par ceux de juin, d'octobre et de septembre. Le mois le plus sec est partout celui de février.

Les saisons relativement sèches sont l'hiver et le printemps. L'été et l'automne sont au contraire relativement humides.

Quant à la quantité relative recueillie à chaque station, on

trouve toujours le maximum à Dailly et une quantité croissante jusque là. A l'Aiguille, il tombe plus d'eau qu'aux deux stations inférieures, mais moins qu'à Dailly, probablement à cause du vent qui souffle plus fort sur l'arête assez étroite de la montagne.

Pour le nombre de jours de pluie, nous trouvons aussi une augmentation à mesure que l'on monte ; puis, si l'on néglige, pour les quatre stations de Saint-Maurice comme pour Genève et le Grand Saint-Bernard, les jours où il est tombé moins d'un millimètre d'eau, on trouve, pour les jours de pluie bien caractérisée, les chiffres suivants qui sont, en somme, assez concordants pour toutes les stations :

Station Altitude	Genève (406m)	Lavey (430m)	Savatan (671m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)	St-Bernard (2476m)
Année météorol.	108	113	113	122	131	129
Année civile	116	123	125	130	139	140

Le *tableau XVI* donne les totaux des hauteurs de neige mesurées aux quatre stations, ainsi que les nombres de jours de neige. Comme il est naturel, la quantité de neige croît régulièrement avec la hauteur. En 1909, la neige a fait sa dernière apparition en mars à Lavey et en mai aux trois autres stations. Elle a reparu en octobre à l'Aiguille, en novembre à Dailly et en décembre seulement aux deux stations inférieures.

XVI. Neige dans l'année 1909.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	cm.	cm.	cm.	cm.				
Décembre 1908	18	42	54	99	3	7	8	9
Janvier 1909	13	18	25	54	3	3	4	5
Février	12	17	32	45	4	4	8	8
Mars	39	58	86	112	4	7	16	16
Avril	—	—	2	12	—	—	2	3
Mai	—	6	8	10	—	1	2	2
Octobre	—	—	—	1	—	—	—	1
Novembre	—	—	14	22	—	—	8	8
Décembre	20	48	105	122	3	5	12	12
Année mét.	82	141	221	355	14	22	48	52
Année civile	84	147	272	378	14	20	52	55

Enfin, si l'on fait le relevé du temps pendant lequel la neige a séjourné sur le sol, on trouve les chiffres contenus dans le

tableau XVII. Dans l'hiver 1908-1909, la neige a persisté sans interruption sur le sol, du 11 décembre au 3 avril à l'Aiguille et à Dailly ; du 19 décembre au 26 mars à Savatan ; et d'une façon intermittente et moins d'un mois, à Lavey.

XVII. Nombre de jours où la neige a persisté sur le sol en 1909.

	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1908	3	17	21	21
Janvier 1909	8	31	31	31
Février	10	28	28	28
Mars	14	26	31	31
Avril	—	-	3	4
Mai	1	1	3	3
.....	.....	.....	.....	.....
Octobre	—	—	—	1
Novembre	—	—	14	16
Décembre	11	15	24	24
Année météorologique	36	103	131	135
Année civile	44	101	134	138

Le nombre des *orages* constatés aux forts de Sait-Maurice est donné dans le petit *tableau XVIII ;* il comprend tous ceux qui ont été notés à l'une ou à l'autre des quatre stations. Il y en a deux de moins qu'en 1908 et quatre de moins qu'en 1907 et qu'en 1906.

XVIII. Orages en 1909

Avril	1	Août	5
.....		Septembre	1
Juillet	3		
Année (météorologique et civile)			10

Les observations du *fœhn* ont continué en 1909 aux quatre

XIX. Nombre de jours de fœhn en 1909.

Mois	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1908	4	4	2	2
Janvier 1909	1	1	—	—
Février	1	1	1	1
Mars	5	5	1	1
Avril	2	2	2	2
Mai	—	—	—	—
Juin	—	—	—	—
Juillet	—	—	—	—
Août	—	—	—	—
Septembre	1	1	1	1
Octobre	2	2	2	2
Novembre	2	2	2	2
Décembre	3	3	3	3
Année météorologique	18	18	11	11
» civile	17	17	12	12

XX. Ecarts de 1909 par rapport aux moyennes de 10 ans (1898-1907).

Période	Température		Pression atmosphérique		Nébulosité			Précipitations							
								Hauteur d'eau tombée				Nombre de jours			
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	°	°	mm	mm				mm	mm	mm	mm				
Décembre 1908..	- 0.08	+ 0.24	- 0.67	- 0.26	- 0.1	- 0.4	- 0.3	- 2.4	- 13.7	- 7.5	- 3.9	- 2	- 1	- 2	- 2
Janvier 1909....	- 2.98	- 1.93	+ 0.10	+ 0.14	+ 0.2	- 0.2	- 0.7	- 35.3	- 26.4	- 27.4	- 18.9	- 2	- 3	- 5	- 5
Février ...	- 3.07	- 3.42	+ 1.12	+ 0.92	- 0.6	- 0.7	- 0.4	- 56.1	- 54.3	- 48.6	- 33.7	- 5	- 6	- 4	- 4
Mars	- 1.90	- 1.82	- 6.34	- 6.20	+ 1.5	+ 0.9	+ 1.3	+ 0.7	+ 4.9	+ 14.5	+ 8.8	+ 7	+ 6	+ 9	+10
Avril	+ 2.20	+ 3.02	+ 2.57	+ 2.96	- 2.5	- 2.1	- 1.9	- 47.4	- 46.4	- 60.6	- 44.6	- 4	- 5	- 3	- 3
Mai	+ 0.28	+ 0.62	+ 2.38	+ 2.47	- 1.1	- 1.1	- 0.6	- 30.8	- 28.1	- 26.7	- 18.3	- 4	- 2	- 3	- 2
Juin	- 2.41	- 2.26	- 0.53	- 0.90	+ 1.9	+ 2.4	+ 2.2	+ 29.5	+ 29.6	+ 38.7	+ 36.1	+ 8	+ 8	+ 5	+ 5
Juillet	- 3.03	- 2.46	- 0.43	- 0.37	+ 1.0	+ 1.4	+ 1.5	+ 1.4	- 6.7	- 7.4	- 3.3	+ 3	+ 2	+ 3	+ 4
Août	- 1.30	- 0.89	- 0.70	- 0.18	+ 0.1	+ 0.5	+ 0.7	+ 8.6	+ 12.5	+ 24.7	+ 27.7	+ 1	+ 1	+ 1	+ 2
Septembre.....	- 1.58	- 1.65	- 1.21	- 0.96	+ 0.4	+ 1.0	+ 0.8	+ 31.1	+ 31.4	+ 25.3	+ 21.1	+ 2	+ 5	+ 4	+ 4
Octobre	+ 1.10	+ 1.19	+ 0.60	+ 1.59	+ 0.2	+ 0.1	+ 0.6	+ 27.3	+ 24.6	+ 22.8	+ 32.6	0	- 1	- 1	- 1
Novembre	- 1.59	- 2.51	- 1.44	- 1.61	+ 0.5	+ 0.5	+ 1.0	- 8.9	- 6.7	- 10.1	+ 0.8	- 4	- 2	0	+ 1
Décembre	+ 1.42	+ 1.10	- 3.91	- 3.09	+ 1.7	+ 1.3	+ 1.8	+113.3	+111.7	+ 94.6	+ 85.7	+11	+12	+12	+12
Hiver..	- 2.01	- 1.73	+ 0.16	+ 0.25	—	—	—	- 93.8	- 94.4	- 83.5	- 56.5	- 9	-10	-11	-11
Printemps... .	+ 0.17	+ 0.58	- 0.50	- 0.28	—	—	—	- 77.5	- 69.6	- 72.8	- 54.1	- 1	- 1	+ 3	+ 5
Eté	- 2.25	- 1.86	- 0.56	- 0.48	—	—	—	+ 39.5	+ 35.4	+ 56.0	+ 60.5	+12	+11	+ 9	+11
Automne	- 0.67	- 0.96	- 0.67	- 0.30	—	—	—	+ 49.5	+ 49.3	+ 38.0	+ 54.5	- 2	+ 2	+ 3	+ 4
Année météorol.	- 1.19	- 0.99	- 0.40	- 0.20	+ 0.2	+ 0.2	+ 0.4	- 82.3	- 79.3	- 62.3	+ 4.4	0	+ 2	+ 4	+ 9
Année civile....	- 1.07	- 0.90	- 0.63	- 0.42	+ 0.3	+ 0.3	+ 0.5	+ 26.7	+ 38.9	+ 29.1	+ 85.0	+12	+14	+17	+23

stations. Les indications des observateurs correspondent à des coups de vent violents venant du sud et accompagnés d'une hausse de la température et d'une diminution de la valeur de la fraction de saturation. Nous les avons classés par mois et par stations, et les chiffres sont donnés au *tableau XIX*.

Les nombres de ce tableau sont un peu supérieurs à ceux de 1907 et de 1908. Le maximum de fréquence est, cette année encore, plutôt au printemps et en décembre.

VII. *Écarts.*

Le *tableau XX* contient le relevé des écarts entre les chiffres des tableaux I, II, VII, VIII, XIII et XV et ceux des tableaux I, III, V, VI et VII des « Moyennes de 10 ans pour les éléments météorologiques observés aux fortifications de Saint-Maurice [1] ». Ces écarts ont été déterminés pour la température et la pression atmosphérique, à Savatan et Dailly, pour la nébulosité aux trois stations inférieures et pour les précipitations atmosphériques aux quatre stations.

Ce tableau donne donc, en chiffres et plus en détail, quelques-unes des indications qui sont fournies dans le texte des paragraphes précédents. Nous rappelons que les moyennes auxquelles nous avons rapporté les observations de 1909, comme celles de 1908, ne sont que des moyennes de *dix années ;* les écarts que nous donnons n'ont donc qu'une valeur relative et sont loin d'avoir une signification absolue.

[1] *Archives,* t. XXVIII, p. 274, septembre 1909.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 5 janvier 1911

Briner. Sur la formation de l'eau à partir de ses éléments.

M. E. Briner. — *Sur la formation de l'eau à partir de ses éléments.*

Comme on sait, la formation de l'eau à partir de ses éléments devient déjà manifeste dans un récipient de verre ou de porcelaine, en l'absence de catalyseur énergique, à des température notablement inférieures à la température, dite température d'explosion ; dans ces conditions, la réaction progresse avec une vitesse parfaitement mesurable.

Ce processus, à cause de son apparente simplicité, a tenté beaucoup de chercheurs, qui ont entrepris l'étude de son mécanisme.

Parmi les nombreux travaux publiés sur cette question, citons ceux de Victor Meyer et de ses élèves Krause, Askenasy, Freyer et Raum [1], qui ont constaté des divergences absolument anormales dans la vitesse de réaction, et cela bien qu'ils se soient attachés à opérer dans des conditions aussi identiques que possible.

Hélier [2], dans ses recherches, reconnut que la proportion combinée du mélange semblait atteindre une limite, à des températures où la combinaison aurait dû être totale. C'est en partie sur ces dernières expériences que Duhem s'est basé pour affirmer la réalité des faux équilibres.

Quelques années plus tard, Bodenstein [3] reprit l'étude de cette réaction, et, n'ayant pas constaté que la réaction fût limitée, il lui appliqua l'équation des réactions trimoléculaires :

$$\text{vitesse} = KC^2_{H_2}C_{O_2}$$

Les constantes K, qu'il a obtenues, variant quelquefois du simple au double et même au triple, alors que les conditions expéri-

[1] *Lieb. Ann.* (1891), t. 264, p. 85 ; (1892), t. 269, p. 49. Ber. (1892), t. 25, p. 622 ; (1895), t. 28, p. 280.

[2] *Ann. Ch. et Phys.* (7) (1897), t. 10, p. 521 ; (1897), t. 11, p. 78.

[3] *Phys. Ch.*, t. 29, p. 664.

mentales sont identiques, il ne nous semble pas que l'on soit en droit de conclure à une réaction du troisième ordre. Mais on peut considérer comme établi par les recherches de Bodenstein que les parois du récipient jouent, dans ce phénomène, un rôle prépondérant.

Tous ces expérimentateurs ayant opéré aux pressions voisines de la pression atmosphérique, il nous a semblé intéressant de soumettre le mélange tonnant aux actions combinées de la température et des pressions de plusieurs centaines d'atmosphères, actions qui se sont montrées si efficaces dans d'autres cas [1]. Nous avons ainsi eu l'occasion de constater par nous-mêmes que la marche de la réaction est trop irrégulière pour que l'on puisse songer à lui appliquer les formules de la cinétique chimique. Malgré cela, pour nous faire une idée approximative de l'action de la pression, nous avons comparé les vitesses moyennes quotidiennes, déduites des contractions observées après plusieurs jours. Voici quelques résultats extraits de nos mesures :

Pression	Température	Proportion combinée quotidienne
1 atm.	400°	1,1 %
300 atm.	400°	1,2 %

On se trouve donc en présence d'une réaction qui aurait dû être fortement accélérée par l'élévation de pression et qui, à première vue, est à peine influencée.

Cette apparente anomalie s'interprête bien si l'on attribue aux parois des tubes une action catalytique prédominante ; car le mélange, à l'état comprimé, est évidemment, à masses égales, en présence d'une étendue de parois beaucoup plus faible que lorsqu'il se trouve à la pression atmosphérique.

Pour expliquer les discontinuités, qui se manifestent dans ce processus, il ne suffit pas, si l'on se place au point de vue du chimiste, d'admettre qu'un système chimique est comparable à un système mécanique ; car on serait obligé de conclure qu'un arrêt pur et simple de la réaction, avant l'équilibre, implique des arrêts ou des ralentissements anormaux dans le mouvement des molécules.

En nous basant sur les deux constatations expérimentales suivantes : 1° la présence de la vapeur d'eau en de certaines proportions paraît gêner la réaction ; 2° les parois jouent le principal rôle dans le processus, il nous semble plus naturel d'attribuer l'arrêt ou plutôt un ralentissement anormal de la réaction à ce que l'accès des parois devient de plus en plus difficile aux molécules réagissantes, par suite de la formation d'une couche de vapeur

[1] Voir les communications précédentes du même auteur.

d'eau sur ces parois. A d'autres égards, cette explication, d'ordre purement physique, semble parfaitement plausible, puisque de nombreuses expériences ont démontré que les gaz ou les vapeurs manifestent une adhérence plus ou moins grandes pour les parois des récipients qui les contiennent.

En tenant compte en outre, dans ce phénomène, des actions chimiques perturbatrices, telles que : attaque du verre par l'eau formée, réductions ou oxydations des constituants des parois par l'hydrogène ou l'oxygène, on sera peut-être un peu moins étonné des résultats si discordants, obtenus dans l'étude de cette réaction.

Séance du 19 janvier 1911.

Ed. Sarasin et Th. Tommasina. Constatation de quelques faits nouveaux en radioactivité induite.

M. Th. Tommasina communique la *constatation de quelques faits nouveaux en radioactivité induite*, résultats de ses recherches en collaboration avec M. Ed. Sarasin.

Le phénomène de la radioactivité induite dont la découverte est due à M. et Mme Curie [1], a attiré dès le début l'attention des chercheurs. Outre les travaux désormais classiques de Mr et Mme Curie, en collaboration, dans la suite, avec M. J. Danne et M. A. Debierne, il faut rappeler les recherches importantes de MM. Rutherford et Soddy et de MM. Elster et Geitel. Ce sont les belles et intéressantes expériences de ces derniers qui nous ont amenés, depuis quelques années déjà, à nous occuper presque exclusivement de l'étude de ce phénomène, dont la vraie nature n'a pas encore pu être dévoilée, et dont les lois mêmes, qu'on a cru pouvoir établir, présentent trop d'incertitude pour être acceptées telles quelles. A l'aide de quelques faits que nous venons de constater il nous sera peut-être possible d'apporter une contribution utile pour élucider certaines questions controversées, de façon à ouvrir probablement un champ pour de nouvelles recherches.

1° — *Cause des déformations de la courbe de désactivation des corps radioactivés.*

Nous avions été frappés par les irrégularités parfois très grandes des courbes de désactivation et pensions que la cause directe ou les causes devaient avoir leur siège dans les modifications des dispositifs. Il en était bien ainsi. — Pour résumer brièvement nos observations nous donnons dans la fig. 1, les trois formes typiques, I, II, III, des courbes de désactivation des corps radioactivés, et

[1] *Comptes-rendus de l'Ac. des Sc. de Paris.* 6 nov. 1899.

nous allons énoncer la méthode expérimentale à suivre pour passer à volonté de l'une à l'autre courbe, avec le même corps déjà activé, donc sans modifier ni la durée de son activation (que l'on donnait comme cause des modifications des courbes), ni sa nature. On obtient facilement ces passages d'une courbe à l'autre, en activant au lieu d'une lame métallique, ou d'un corps quelconque en vase clos, la paroi intérieure du vase lui-même. Nous avons activé, soit des récipients ou cloches cylindriques en laiton, soit des cloches en verre fermées en haut ou terminées en goulot, celui-ci pouvant être laissé ouvert ou fermé. — Veut-on obtenir

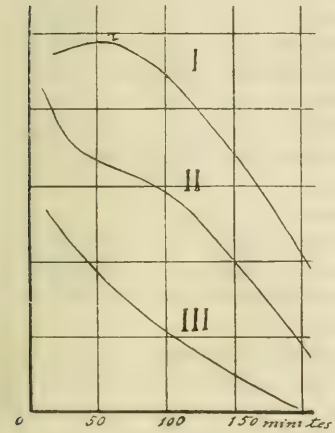


Fig. 1

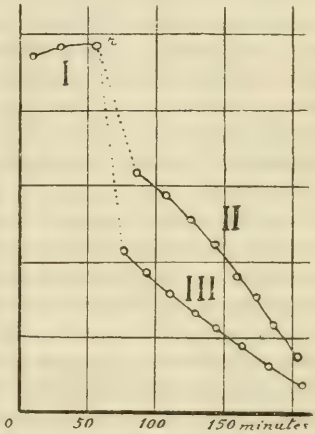


Fig. 2

la courbe I (fig. 1), on étudie la désactivation par la lecture des décharges successives par minute de l'électroscope, en plaçant sur le plateau de ce dernier, et en conservant toujours fermée la cloche radioactivée. — Veut-on la courbe II (fig. 1), on évente la cloche avant de la placer sur le plateau de l'électroscope, de nouveau fermée. Alors on a au début la descente rapide de la courbe, puis on voit se former le renflement qui disparaît dans la suite et la courbe prend une allure régulière. Nous avons constaté que le renflement est dû à l'accumulation dans la cloche de l'air ionisé et de l'émanation. Notre constatation expérimentale consiste dans l'interruption à un moment quelconque, de préférence lorsque le renflement est à son maximum en *r* (fig. 1 et 2), dans le renouvellement de l'air renfermé et dans la reprise immédiate des lectures à cloche fermée. On tombe ainsi de la courbe I dans la courbe II (fig. 2). Mais on tombe toujours dans une courbe du type III (fig. 2), si au lieu de continuer les lectures des décharges à cloche fermée, on les fait à cloche ouverte. Il suffit de laisser un passage libre de

quelques millimètres entre la cloche et le plateau de l'électroscope.

Dans un travail plus complet qui paraîtra dans les *Archives* nous donnerons quelques uns des diagrammes très démonstratifs que nous avons obtenus par ce procédé, qui permettent de conclure que la vraie courbe de désactivation est la courbe III et non pas la I ou la II, ces dernières étant déformées par la condensation variable de l'émanation et de l'air ionisé.

2° — *Action de faibles élévations de température sur la radioactivité induite.*

A ce propos nous ne citerons que la Note de Pierre Curie en commun avec M. J. Danne [1] où les essais portaient sur des lames métalliques radioactivées chauffées depuis 150° à 1400°, on y trouve démontré par plusieurs graphiques qu'il fallait dépasser 215° pour avoir une modification nettement indiquée, mais au dessus de 630° l'accélération de la désactivation par la chaleur était très forte, aussi cette Note conclut en ces termes : « Les expériences qui viennent d'être décrites prouvent que la nature de la radioactivité induite sur une lame peut se trouver modifiée par des variations de température ».

M. Rutherford a fait aussi des recherches très suivies, ainsi que plusieurs autres physiciens, mais, à notre connaissance, personne n'a rien constaté, ayant trait aux métaux radioactivés, soumis à de faibles élévations de température.

Les expériences que nous allons décrire, montrent, au contraire, qu'il suffit d'élever la température d'un métal radioactivé de quelques degrés seulement, par exemple de 20° à 30° pour augmenter son débit radioactif. Dans nos précédentes expériences nous activions les différents corps, sur lesquels nous avons opéré, dans une enceinte close constituée par une cloche cylindrique en laiton de 36 cent. de hauteur et 18 de diamètre. Dans cette cloche était placé un godet contenant un sel de radium, celui-ci agissait sur le corps à activer, tantôt directement, tantôt au travers d'un ou de plusieurs écrans, cloches en métal plein ou en toile métallique. Pendant les dernières vacances nous avions laissé exprès, entre le godet à radium et la grande cloche, un système d'écrans formé de trois grilles et une cloche en métal plein emboitées. Nous voulions voir dans quelle mesure la radioactivité induite, pendant cette longue période de temps, variait des grilles et de la cloche pleine intérieure à la cloche extérieure. Or, après deux mois nous ne trouvâmes qu'une radioactivité induite très faible, autant sur la cloche intérieure en métal plein que sur les autres en toile métallique, tandis que la grande cloche montrait une activité très forte.

[1] P. Curie et J. Danne. *C. R.* 21 mars 1904; et P. Curie, Oeuvres p. 498. Paris 1908.

Nous jugeâmes alors, qu'il était intéressant de reconnaître par l'étude complète de sa désactivation, si une radioactivité induite de longue durée avait pris naissance en ces conditions sur sa paroi intérieure.

En effet, au lieu de n'avoir plus au deuxième jour, qu'une action de décharge minime de $^1/_{20000}$ par exemple, comme cela a été indiqué par MM. Curie et Danne dans la Note déjà citée, celle-ci ne diminua que des $^3/_4$ par rapport à sa valeur initiale, et resta depuis lors invariable, de façon que la courbe de désactivation est une ligne horizontale. Le tracé monte lentement lorsqu'on laisse accumuler dans la cloche l'air ionisé et l'émanation, jusqu'à atteindre la limite de saturation, aussi dès qu'on y renouvelle l'air on retrouve invariablement les mêmes chiffres. Avec circulation d'air, c'est-à-dire à cloche entr'ouverte en bas, on a une droite horizontale. Il nous faut pourtant ajouter, ici, que cette grande cloche nous ayant servi continuellement, depuis deux ans environ, comme enceinte close d'activation, on doit y voir la source première de sa radioactivité induite de longue durée.

C'est le fait d'être en possession d'une radioactivité induite si parfaitement constante et ayant une intensité suffisante pour permettre facilement des mesures exactes, qui nous a donné l'idée de vérifier si ce phénomène était insensible aux faibles élévations de température comme il avait été établi.

Ayant placé pendant quelques minutes notre cloche sur le radiateur du calorifère, élevant sa température de 12 degrés seulement, de 18° à 30°, puis l'ayant éventée et replacée sur le plateau de l'électroscope, nous constatâmes immédiatement une forte montée de la courbe de désactivation, comme le montre le diagramme *A* (fig. 3) qui donne encore deux autres points de chauffe à 40°. L'étude du phénomène nous a confirmé l'effet dû à la chaleur par

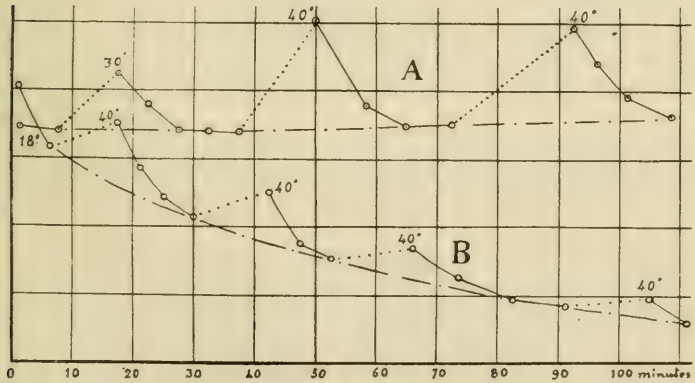


Fig. 3

des diagrammes superposables, et nous a permis de reconnaître la constance persistante du débit radioactif, qui semble jusqu'ici ne subir aucune perte par la répétition des opérations de chauffe, produisant pourtant chaque fois une émission plus énergique.

Ces constatations nous permettent de conclure que *même les faibles élévations de température agissent sur les métaux radioactivés en accélérant leur désactivation par un accroissement immédiat et temporaire de leur débit radioactif.* Nous donnons cette généralisation à notre conclusion, parce qu'ayant activé par une action rapide et directe, c'est-à-dire sans écrans interposés une cloche neuve identique à la première, nous avons obtenu le diagramme *B* (fig. 3) qui montre aussi l'effet d'une *surdésactivation* immédiate due aux mêmes faibles élévations de température, bien qu'il soit ici moins énergique et qu'il aille en s'affaiblissant naturellement aussi rapidement que la radioactivité induite de courte durée. D'autre part nous avons restreint notre conclusion aux métaux, parce que tous nos essais avec des cloches en verre très fortement radioactivées, nous ont toujours donné un effet nul, tout au moins pour les limites entre lesquelles nous avons opéré, mais il est possible que cela change pour de plus grands écarts de température. C'est ce que nous vérifierons en poursuivant nos recherches.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Pierre Weiss. Sur une propriété nouvelle de la molécule magnétique. *C. R. de l'Académie des sciences.* Séance du 9 janvier 1911 [1].

Pierre Weiss. Sur la rationalité des rapports des moments magnétiques des atomes et un nouveau constituant universel de la matière. *Ibid.*, séance du 23 janvier [1].

La théorie du champ moléculaire apprend, et l'expérience vérifie, qu'au-dessus du point de disparition du magnétisme fort, ou point de Curie, l'inverse du coefficient d'aimantation spécifique varie linéairement avec l'excès de la température sur celle de ce point. On peut déduire du coefficient angulaire de cette droite, qui n'est autre que l'inverse de la constante de Curie, la grandeur de l'aimantation spécifique à saturation au zéro absolu. Celle-ci est le moment magnétique de la molécule, à un facteur près qui est connu quand on connaît le nombre de degrés de liberté de rotation de la molécule. Et ce dernier nombre ne peut être, pour les molécules peu compliquées des ferromagnétiques, qu'un entier très simple.

M. G. Foëx a fait à ma demande les mesures sur la magnétite. Il a trouvé, entre 600° et 900°, quatre droites consécutives *ab, bc, de, ef* qui sont représentées dans la figure 1, et auxquelles on peut en joindre une cinquième, tirée des expériences de Curie entre 900° et 1350°. Cette dernière, qui n'a pas été représentée, passe par le zéro absolu.

Ces cinq droites caractérisent cinq états de la magnétite. L'idée qui se présente d'abord pour les expliquer est d'admettre des polymérisations, de telle sorte qu'à la quantité de matière représentée

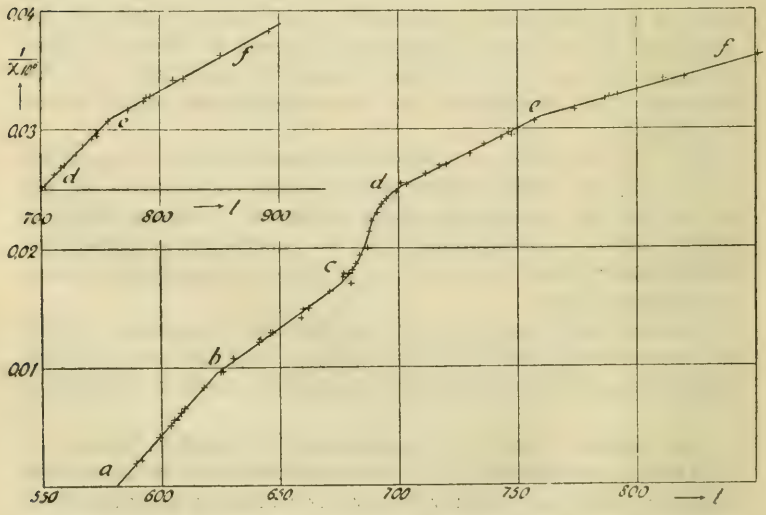
[1] Les *Archives* donneront prochainement le mémoire complet de M. Weiss sur cet important sujet, mais nous n'avons pas voulu attendre jusque là pour faire connaître à nos lecteurs les vues nouvelles du savant professeur de Zurich sur la nature du magnétisme. Nous reproduisons donc ici les notes parues aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences.* — (*Réd.*).

par le symbole Fe^3O^4 correspondent différents nombres de degrés de liberté de rotation, le moment magnétique restant invariable. Mais les rapports entre les nombres de degrés de liberté ainsi trouvés ne sont guère exprimables, au degré de précision des expériences, par des entiers très simples, et de plus les molécules devraient avoir des masses plus grandes aux températures plus élevées, ce qui est extrêmement improbable.

Si, au contraire, en admettant une molécule de masse invariable et d'architecture déterminée, conservant les mêmes degrés de liberté, on calcule la valeur de l'aimantation spécifique à saturation au zéro absolu au moyen des cinq droites successivement, on trouve cinq valeurs qui sont entre elles dans les rapports 4:5:6:8:10. Dans la figure on a porté les points déterminés *expérimentalement* et tracé les quatre droites correspondant aux rapports simples (les deux dernières deux fois avec des échelles différentes pour les abscisses).

Si l'on suppose que la molécule Fe^3O^4 possède quatre degrés de liberté de rotation, on trouve pour la valeur de l'aimantation spécifique au zéro absolu donnée par la première droite 97,7, valeur assez voisine du nombre 95,9 obtenu par les mesures faites dans l'hydrogène liquide avec la collaboration de M. Kamerlingh Onnes.

Mais l'existence des rapports simples est indépendante de ce dernier rapprochement.



On est donc amené à admettre qu'à certaines températures *le moment magnétique de la molécule croît brusquement d'une*

quantité déterminée qui est une fois, ou deux fois, le quart du moment magnétique de la molécule aux basses températures

On peut supposer que la production de cette partie aliquote du moment magnétique moléculaire consiste soit dans la variation de la grandeur, soit dans la variation de la distance des pôles. La parenté est évidente entre ce dernier mécanisme et celui par lequel Ritz [1] a réussi à expliquer la production des spectres en séries.

Dans la Note précédente j'ai montré que les constantes de Curie, telles qu'elles sont fournies par la mesure des coefficients d'aimantation aux températures élevées avec l'aide de la théorie du champ moléculaire, donnent pour le moment magnétique de la molécule de magnétite des valeurs qui sont entre elles comme 4:5:6:8:10.

Ce résultat peut être généralisé en remarquant que la théorie des gaz paramagnétiques de Langevin peut se transposer sans changement aux corps paramagnétiques dissous. Le problème de dynamique statistique n'est pas modifié par la présence des molécules du dissolvant. En appelant :

σ_m le moment magnétique de la molécule-gramme au zéro absolu où le parallélisme des aimants élémentaires n'est pas troublé par l'agitation thermique ;

R la constante de l'équation caractéristique des gaz parfaits, rapportée à la molécule-gramme ;

C_m la constante de Curie moléculaire ;

on a

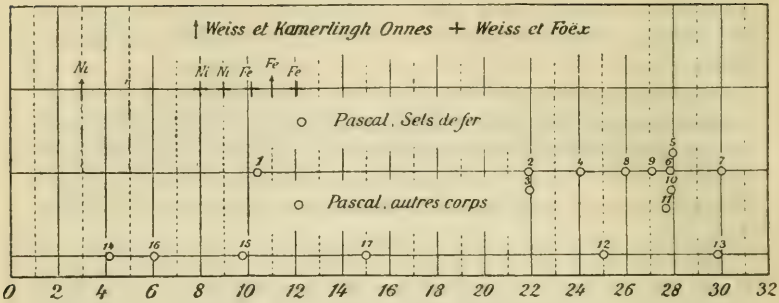
$$\sigma_m^2 = 3RC_m \qquad (R = 83,155 . 10^6 \text{ ergs par degré}).$$

La molécule est, dans cette théorie, la quantité de matière qui possède deux degrés de liberté de rotation. Elle est, pour presque tous les corps mentionnés dans cette Note, l'atome lui-même.

Les valeurs ainsi calculées pour l'aimantation à saturation spécifique absolue des métaux dans les solutions sont en général notablement plus grandes que celles qui sont mesurées sur les métaux eux-mêmes, mais du même ordre de grandeur.

Ces aimantations à saturation d'origines diverses ont été portées dans le graphique ci-joint. Il contient les moments des atomes-gramme mesurés sur le fer et le nickel à la température de l'hydrogène liquide (Weiss et Kamerlingh Onnes), ceux qui résultent de mesures du coefficient d'aimantation au-dessus du point de Curie (inédites, Weiss et Foëx) et ceux qui ont été calculés à partir des coefficients d'aimantation des solutions, déterminés avec grande précision par M. P. Pascal sur des substances de types chimiques très divers.

[1] *C. R.*, 1907, t. 145, p. 178.



1. Ferricyanure de potassium. — 2. Pyrophosphate de fer et d'ammonium. — 3. Citrate de fer et d'ammonium. — 4. Ferripyrophosphate de sodium. — 5. Ferrimétaphosphate de sodium. — 6. Chlorure ferrique. — 7. Sulfate ferrique. — 8. Ferrométaphosphate de potassium. — 9. Ferrooxalate de sodium. — 10. Ferropyrophosphate de sodium. — 11. Sulfate ferreux. — 12. Chlorure de cobalt. — 13. Sulfate de manganèse. — 14. Permanganate de potassium. — 15. Sulfate de cuivre. — 16 Sulfate de cuivre ammoniacal. — 17. Sulfate uraneux.

Toutes ces déterminations ont visiblement une partie aliquote commune. — L'équidistance des points 2, 4, 8, 6, 7, provenant de divers composés du fer, est particulièrement frappante.

La détermination la plus exacte de cette partie aliquote m des moments de l'atome-gramme s'obtient à partir des mesures sur les métaux à la température de l'hydrogène liquide :

Fer	12360 : 11 =	1123,6
Nickel	3370 : 3 =	1123.3
Moyenne.....		1123,5

C'est avec cette unité que les moments des atomes-gramme sont mesurés dans le graphique.

Le nombre d'atomes dans l'atome-gramme est $N = 70,5 \times 10^{22}$ (Perrin). Le quotient m : $N = 15,94 \times 10^{-22}$ est le moment de l'aimant élémentaire lui-même, correspondant à la partie aliquote des moments des atomes-gramme. Je l'appellerai *magnéton.*

Le magnéton entre dans la constitution des atomes de fer, de nickel, de cobalt, de cuivre, de manganèse et d'uranium. Des expériences de du Bois, Liebknecht et Wills, de Stephan Meyer, d'Urbain, qui, calulées de la même manière, sont aussi démonstratives que celles que nous avons utilisées ici, montrent qu'il entre encore dans celle d'un certain nombre d'autres corps simples et notamment dans les métaux des terres rares.

Le magnéton est donc un constituant universel de la matière.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JANVIER 1911

Le 2, neige dans la nuit ; haut. 4 cm.
3, très forte bise pendant toute la journée.
les 7 et 9, gelée blanche le matin.
le 10, pluie dans la nuit, verglas et grésil le matin ; forte bise l'après-midi.
12, gelée blanche le matin.
13, forte bise le soir.
14, forte bise pendant toute la journée.
les 17 et 18, gelée blanche le matin.
le 22, léger brouillard le soir.
23, léger brouillard le matin et verglas.
27, gelée blanche le matin ; brouillard depuis 7 h. du soir.
28, léger brouillard le matin ; grésil et verglas.
30, forte bise dans l'après-midi.
31, forte bise pendant toute la journée.

Hauteur totale de la neige 4 cm., tombés en 1 jour.

GENÈVE — JANVIER 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	32.8	31.3	29 5	31.81	+ 3.99	28.7	34.0	NE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.2	1	1	10	3	6.3	**1.5**	**6**
2	22.5	20.4	20.5	22.03	- 5.81	20.2	27.2	NNW. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	4.2	10	9	8	7	1.5	...	....
3	18.2	17.1	16.8	17.88	- 9.98	16.5	19 7	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 3	25.9	9	10	10	10	..	...	....
4	17.4	18.9	21.0	18.69	- 9.18	16.3	21.3	E. 1	E. 1	ESE. 1	ESE. 1	9.6	10	10	10	10	...	...	....
5	22.8	23.4	25.9	23.64	- 4.25	21.5	26.2	ESE. 1	ESE. 0	NNE. 0	calme	0.9	10	10	10	10	..	...	....
6	28.7	29.4	30.9	29.14	+ 1.24	26.2	31.3	ENE. 0	NNE. 0	ENE. 0	calme	0.6	1	0	0	0	6.8	...	....
7	33.1	33.8	36.0	33.91	+ 6.00	32.0	36.4	ENE. 0	NE. 0	ENE. 0	calme	0.4	2	7	3	7	4.3	...	....
8	39.5	40 2	41.1	39.67	+11.76	37.1	41.1	NE. 1	E. 0	S. 1	calme	1.3	9	5	5	5	4.7	...	....
9	40.8	39.1	37.3	39.37	+11.45	36.3	41.0	S. 1	SSE. 0	S. 0	calme	1.7	10	10	10	10	...	0.4	3
10	33.6	34.3	35.4	34.73	+ 6.81	33.6	36.0	S. 0	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 1	13.5	10	10	1	8	...	...	....
11	31.9	30.1	25.1	30.03	+ 2.11	23.9	34 4	NNE. 2	N. 1	NE. 0	NE. 1	10.3	9	1	3	4	6.6	...	....
12	17.6	15.3	15.6	**16.96**	**-10.96**	**14.2**	22.0	NE. 0	NW. 1	W. 1	calme	1.7	10	9	8	7	1.7	...	....
13	18.5	20.8	23.4	20.06	- 7.86	16.1	23.7	W 0	N. 1	NNE. 2	NNE. 1	9.2	5	8	10	8	4.4	...	....
14	24.7	26.6	29.4	26.37	- 1.54	23.8	30.0	NNE. 3	NNE. 3	NNE 2	NNE. 3	**35.6**	10	10	10	10	...	..	....
15	30 4	30.9	33.4	31.25	+ 3.35	29.9	33.7	NNE. 2	NE. 1	NE. 1	NNE. 2	16.2	10	10	10	10	..	...	....
16	35.6	37.2	39.2	36.77	+ 8.88	34.0	39.6	ENE. 1	NE. 1	ENE. 1	NE. 1	11 2	10	10	6	8	..	...	....
17	41.8	41.4	42.6	41.61	+13.73	40.2	42.6	ESE. 0	NNE. 1	SW. 1	NE. 1	3.3	2	1	0	1	**7.3**	..	....
18	42.6	41.7	41.0	**41.67**	**+13.80**	40.1	**42.7**	E. 0	NNE. 1	NW. 0	NW. 1	1.9	1	1	0	2	5.9	...	....
19	39.2	38.0	37.4	38.48	+10.63	37.2	40.4	NE. 1	ENE. 0	NNE 0	NNE. 1	2 5	10	10	9	9	...	...	....
20	37.2	37.0	36.1	36.82	+ 8.99	36.0	37.7	NNE. 0	NNE. 0	NNE. 0	calme	0.8	10	10	10	10	..	...	....
21	34.7	33.5	32.9	34.02	+ 6.21	32.6	36.1	ESE. 1	E. 0	ESE. 1	ESE. 1	3.1	10	10	10	10	...	...	....
22	33.1	33.2	34.5	33.49	+ 5.70	32.9	35 0	ESE. 1	ESE. 1	WNW. 1	ESE. 1	3.0	10	10	10	10	...	...	....
23	35.7	36.0	36.5	35.98	+ 8.21	35.4	36.6	W. 0	NNE. 0	WNW. 0	calme	1.1	10	10	10	10	...	...	....
24	36.3	36.8	37.3	36.73	+ 8.99	36.3	37.5	W. 1	WSW. 1	NE. 1	var.	7.3	10	10	10	10	...	...	...
25	37.9	38.0	38.6	38.11	+10.10	37.3	39.3	NE. 2	NNE 1	ENE. 0	NNE. 1	13 9	10	10	10	10	...	...	....
26	39.1	39.5	39.8	39.45	+11.77	39.0	40.1	ENE. 0	SE. 0	ESE. 0	calme	0.6	10	9	5	7	4.1	..	....
27	39.3	39.0	38.8	39.04	+11.39	38.3	39 9	ESE. 1	E. 0	SSW. 0	SSW. 1	1.9	2	8	10	8	1.1	...	....
28	37.3	37.4	36.1	37.46	+ 9.85	35.3	39.3	S. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	4 6	10	10	10	10	...	...	....
29	34.3	34 0	31.9	33.78	+ 6.21	31.1	35.3	NE. 1	NNE. 1	SE. 0	NNE. 1	9.6	10	10	10	10	...	...	....
30	29.5	30.7	32.8	30 98	+ 3.45	29.4	33.1	NNE. 1	NNE. 1	NNE 3	NNE. 2	18.1	10	9	8	7	2.2	...	....
31	32.8	34.0	37.2	34 39	+ 6.90	32.8	37.7	NNE. 3	NNE 2	NNE. 2	NNE. 3	26.8	9	7	0	1	3.1	...	....
Mois	32.19	32.19	32.70	32.38	+ 5.01							8.06	8.1	7.9	7.3	7.6	60.3	1.9	9

GENÈVE — JANVIER 1911

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 2.2	+ 0.4	- 2.6	- 0.88	- 0.67	- 3.5	+ 1.0	87	85	83	84	- 2	65	90	....	.....	1615
2	- 1.8	+ 0.9	- 1.8	- 1.16	- 0.92	- 3.2	+ 2.9	92	74	80	88	+ 2	70	98	5.5	+ 0.1	1610
3	- 1.7	- 1.1	- 1.2	- 2.25	- 1.99	- 5.7	- 0.6	79	80	80	83	- 3	75	92	5.0	- 0.4	1630
4	- 2.0	- 1.2	- 1.1	- 1.15	- 0.87	- 2.9	0.0	79	75	77	78	- 8	68	90	4.6	- 0.8	1615
5	- 2.2	0.0	- 0.9	- 1.19	- 0.90	- 2.8	+ 0.1	87	81	88	84	- 2	72	95	5.0	- 0.3	1610
6	- 3.2	+ 0.3	- 4.8	- 2.11	- 1.80	- 5.5	1.8	91	71	86	83	- 3	70	92	5.0	- 0.3	1590
7	- 7.1	+ 1.2	- 1.8	- 3.14	- 2.82	- 7.9	2.1	89	76	83	86	0	74	96	5.0	- 0.2	1580
8	- 5.2	- 0.6	- 4.5	- 2.91	- 2.59	- 6.7	+ 1.0	90	88	94	88	+ 2	80	95	....	....	1565
9	- 4.1	- 1.5	- 1.0	- 2.59	- 2.27	- 5.4	- 0.5	90	84	80	87	+ 1	80	94	5.0	- 0.1	1565
10	- 0.2	+ 2.3	+ 1.7	+ 0.99	+ 1.31	- 2.0	+ 4.4	98	89	65	84	- 2	64	99	5.0	- 0.1	1585
11	- 1.0	- 0.5	- 4.3	- 1.38	- 1.06	- 5.8	1.2	84	77	90	81	- 5	74	92	4.5	- 0.6	1555
12	- 3.5	+ 4.7	+ 0.8	- 0.27	+ 0.04	- 6.8	**5.9**	82	42	62	**69**	**-17**	**40**	92	4.8	- 0.3	1555
13	- 1.1	+ 4.0	+ 2.0	**+ 1.20**	**+ 1.50**	- 2.0	+ 5.2	92	60	72	71	-15	60	93	5.2	+ 0.2	1535
14	- 0.8	- 0.7	- 1.2	- 0.79	- 0.50	- 2.0	0.0	81	88	80	83	- 3	80	90	4.5	- 0.5	1560
15	- 2.5	- 2.9	- 3.7	- 3.06	- 2.79	- 4.5	- 0.9	87	82	81	83	- 3	75	90	....	....	1565
16	- 4.0	- 3.6	- 4.0	- 3.79	- 3.54	- 4.8	- 2.8	81	86	78	81	- 5	77	89	4.0	- 0.9	1535
17	- 6.7	- 0.5	- 3.5	- 3.89	- 3.66	- 7.2	+ 0.4	80	67	87	78	- 8	65	90	4.2	- 0.7	1515
18	- 7.6	- 0.1	- 2.3	- 3.59	- 3.39	**- 8.5**	2.5	89	73	83	83	- 3	69	94	4.0	- 0.9	1510
19	0.0	+ 0.5	- 0.7	- 0.91	- 0.73	- 6.0	2.6	89	79	88	84	- 2	65	93	4.4	- 0.5	1495
20	- 1.2	+ 1.3	+ 1.4	+ 0.49	+ 0.63	- 2.1	2.4	92	78	88	88	+ 2	75	96	4.8	- 0.1	1485
21	- 0.5	+ 0.5	- 0.9	- 0.19	- 0.08	- 1.7	+ 0.8	96	88	95	94	+ 8	85	99	5.0	+ 0.1	1475
22	- 4.3	- 1.9	- 2.6	- 2.65	- 2.58	- 5.3	- 0.6	96	97	97	**96**	+10	85	100	....	.....	1445
23	- 2.3	- 2.1	- 1.4	- 2.16	- 2.13	- 3.7	- 1.2	100	96	88	95	+ 9	85	100	4.5	- 0.3	1455
24	- 3.0	- 2.9	- 1.9	- 2.67	- 2.68	- 3.6	- 1.6	92	82	79	86	+ 1	75	95	4.5	- 0.3	1475
25	- 2.8	- 1.8	- 2.4	- 2.38	- 2.44	- 3.6	- 0.7	90	83	84	84	- 1	74	92	3.8	- 1.0	1440
26	- 3.5	+ 1.8	- 2.8	- 1.90	- 2.00	- 4.5	+ 2.8	94	70	95	87	+ 2	68	96	4.0	- 0.8	1440
27	- 6.5	+ 0.1	- 1.1	- 2.65	- 2.80	- 6.7	2.3	94	89	98	94	+ 9	85	100	4.1	- 0.7	1410
28	- 3.1	- 2.1	+ 0.7	- 1.59	- 1.80	- 4.3	1.6	100	98	86	**96**	**+11**	86	100	4.4	- 0.1	1435
29	- 0.2	+ 0.6	- 0.4	+ 0.09	- 0.17	- 1.1	1.3	89	78	92	86	+ 1	75	93	....	.....	1435
30	0.0	- 0.5	- 2.5	- 0.81	- 1.13	- 3.2	+ 0.5	89	89	70	81	- 1	70	91	4.4	- 0.4	1425
31	- 5.9	- 3.7	- 5.0	**- 4.70**	**- 5.08**	- 6.2	- 1.6	79	73	67	77	- 8	67	92	2.8	- 2.0	1425
Mois	- 2.91	- 0.29	- 1.74	- 1.74	- 1.66	- 4.49	+ 1.05	89	80	83	85	- 1			4.54	-0.57	1521

MOYENNES DE GENÈVE. — JANVIER 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.06	28.78	28.94	29.46	28.78	28.94	29.38	29.35	29.09
2e »	31.96	31.86	31.95	32.30	31.90	31.61	32.11	32.31	32.00
3e »	35.91	35.64	35.45	36.09	35.64	35.40	35.90	36.10	35.77
Mois	32.43	32.17	32.19	32.73	32.19	32.09	32.57	32.70	32.38

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	- 2.72	- 2.57	- 2.97	- 1.97	+ 0.07	- 0.01	- 1.03	- 1.91	- 1.64
2e »	- 3.19	- 3.39	- 2.84	- 1.50	+ 0.22	+ 0.63	- 0.77	- 1.98	- 1.60
3e »	- 2.44	- 2.71	- 2.92	- 2.28	- 1.09	- 0.78	- 1.46	- 2.04	- 1.96
Mois	- 2.77	- 2.88	- 2.91	- 1.93	- 0.29	- 0.08	- 1.10	- 1.98	- 1.74

Fraction de saturation en %.

1 décade	89	91	88	81	80	80	82	83	85
2e »	83	84	86	77	73	73	80	85	80
3e »	93	93	93	88	86	86	86	88	89
Mois	88	90	89	82	80	80	83	85	85

Dans ce mois l'air a été calme 349 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{112}{11} = 10.18$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique.....		32.36
Nébulosité		7.8
Température	$\frac{7+1+9}{3}$..	— 1°.65
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$..	— 1°.67
Fraction de saturation.....		84 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	727.37
Nébulosité..	(1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	48mm.8
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne...	(id.).	—0°.08
Fraction de saturat.	(1849-1875).	86%

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	2.5	3.2	3.2	1.5	2.0	3.0	0.6

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	0.0	1.9	3.5	3.0	5.8	0.0

Insolation à Jussy : 37h7 en décembre.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1911

Le 1, forte bise l'après-midi.
les 2 et 3, neige et forte bise.
le 4, neige et fort vent le matin.
6, très fort vent.
les 9 et 10 neige et très forte bise.
le 11, forte bise le matin.
12, fort vent le matin.
13, neige.
14, neige et très fort vent.
les 15, 18, 19 et 30, forte bise.
les 25 et 26, violente bise.
le 31, très fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	63.3	61.3	59.6	61.4	0.0	56.0	63.5	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	0	1	0	0	1.0	1
2	54.8	51.4	50.0	52.1	- 9.2	49.8	55.0	NE. 1	NE. 4	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	**10.0**	**17**
3	49.3	49.1	49.5	**49.3**	**-12.0**	**48.9**	50.0	NE. 1	NE. 2	NE 2	NE. 2	10	10	10	10	**10.0**	12
4	51.1	52.3	54.1	52.5	- 8.8	50.8	54.3	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	4	10	8	1.0	1
5	54.4	55 4	57.5	55.8	- 5.5	54.2	58.0	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
6	60.2	61.4	63.0	61.5	+ 0.3	60.0	63.5	SW. 2	SW. 1	SW. 4	SW. 2	10	10	10	10	..	....
7	64.0	64.8	66.5	65.1	+ 3.9	63.8	67.0	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	7	4	3	5	....	....
8	68.5	69.8	70.9	69.7	+ 8.5	68 1	70.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	...
9	70.5	70.0	69.0	69.8	+ 8.6	68.0	70.8	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	0	3	10	4	3.2	3
10	65.1	63.8	64.7	64.5	+ 3.4	63.6	67.0	NE. 3	NE 4	NE. 3	NE. 3	10	8	10	9	4.4	4
11	63.1	62.6	59.4	61.7	+ 0.6	57.5	63.5	NE. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	0	0	0	....	....
12	54.1	52.3	52.2	52 9	- 8.2	52.0	55.8	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	8	0	6	....	...
13	53.7	55.8	56.4	55.3	- 5.8	53.4	57.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	5	10	5	2.3	3
14	57.9	60.4	62.7	60.3	- 0.7	57 8	63.0	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	7	10	9	....	....
15	62.7	63.4	65.1	63.7	+ 2.7	62.5	65.3	NE. 2	SW. 1	NE. 2	NE. 2	10	10	0	7	....	.. .
16	66.8	68 1	70.6	68.5	+ 7.5	66 4	71.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
17	72.4	73.4	74 6	73.5	+12.6	72.0	**74.8**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	...	.. .
18	74.3	74.4	73.6	**74.1**	**+13.2**	73.4	74.6	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
19	71.8	71.4	71.6	71.6	+10.7	71.2	73.0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	6	0	2	...	....
20	71.6	71.8	71.4	71.6	+10.7	70.0	72.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	.. .	....
21	69.5	68 6	68.6	68.9	+ 8.1	68.0	70.1	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
22	67.7	68 1	67.8	67.9	+ 7.1	67.4	68.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
23	67.5	68 0	68.0	67.9	+ 7.1	67.2	68.2	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
24	66.7	66 0	65.7	66.1	+ 5.4	65.5	66.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	...	....
25	66.7	68.0	69.1	67.9	+ 7.2	66.5	69.4	NE. 1	NE. 2	NE. 4	NE. 2	0	5	0	2	....	....
26	70.6	71.7	72.6	71.6	+11.0	70.4	73.0	NE. 3	NE. 1	NE 1	NE. 2	6	8	0	5	..	....
27	73.1	73.5	73.1	73.2	+12 6	72.9	73.7	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	.. .	....
28	71.7	69.7	69.2	70.2	+ 9.6	69.0	72.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
29	67.8	67.4	65.8	67.0	+ 6.5	64.8	68.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	.. .	....
30	63.7	63.2	62.6	63.2	+ 2.7	62.0	64.1	SW. 1	NE. 2	NE. 1	NE 1	0	0	0	0	.. .	....
31	61.4	63.4	65 8	63.5	+ 3 0	61.0	66.0	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	1	0	4	....	....
Mois	64.39	64.53	64.86	64.59	+ 4.10							3.4	3.2	2.7	3.1	31.9	41

GRAND SAINT-BERNARD — JANVIER 1911

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-14.5	-11.5	-11.6	-12.5	- 3.9	-17.2	-11.2	49	51	64	55	45	76
2	-10.2	-13.4	-17.3	-13.6	- 5.0	-18.2	-10.0	94	92	92	93	88	96
3	-18.3	-14.3	-11.6	-14.7	- 6.0	**-20.0**	-11.0	91	91	92	91	87	94
4	-11.2	-11.4	-12.5	-11.7	- 3.0	-13.3	- 9.2	94	93	95	94	89	97
5	-15.2	-11.6	-13.6	-13.5	- 4.8	-16.0	-10.0	74	56	91	74	52	92
6	-13 2	-12.8	-12.5	-12.8	- 4 0	-15.2	-11.5	92	93	95	93	90	98
7	-13.3	-11.5	-12.6	-12 5	- 3.7	-14.3	-10.5	95	94	94	94	86	97
8	-13.3	- 8.5	- 9.2	-10.3	- 1.5	-15.3	- 6.2	55	37	40	44	33	89
9	- 8.4	- 6.6	- 7.2	- 7.4	+ 1.4	- 9.1	- 5.8	37	42	84	54	34	92
10	- 6.4	- 7.6	-13.3	- 9.1	- 0.2	-14.0	- 4.5	99	96	90	95	80	100
11	-13.3	-10.2	-10.4	-11.3	- 2.4	-16.1	- 7.5	34	37	35	35	25	75
12	- 9.4	- 7.6	-10.4	- 9.1	- 0.2	-13.0	- 5.5	38	38	45	40	30	47
13	-12.2	- 7.2	- 9.5	- 9.6	- 0.7	-12.3	- 4.5	62	67	77	69	44	86
14	-10.5	-10.2	-11.4	-10.7	- 1.8	-12.1	- 4.2	98	97	99	**98**	94	100
15	-12.4	-12.3	-11.3	-12.0	- 3.0	-14.0	- 8.0	95	95	95	95	92	97
16	- 9.2	- 5.2	- 5.6	- 6.7	+ 2.3	-13.3	- 4 6	30	30	36	32	20	42
17	- 5.2	- 0.2	- 4.5	- 3.3	+ 5.7	- 5.5	+ 1.2	40	39	39	39	30	43
18	- 4.5	- 2.3	- 3.2	- 3.3	+ 5.7	- 5.6	- 0.2	38	37	44	40	28	45
19	- 4.6	- 0.1	+ 0.1	- 1.5	+ 7.5	- 5.0	+ 2.8	38	31	47	39	26	49
20	- 1.2	+ 0.8	- 0.3	**- 0.2**	**+ 8.8**	- 2.5	+ 3.5	57	58	38	51	20	63
21	- 3.2	0.0	- 3.3	- 2.2	+ 6.8	- 4 0	**+ 3.7**	19	25	29	24	**13**	32
22	- 2.6	- 2.6	- 4.4	- 3.2	+ 5.9	- 6.0	- 1.5	25	33	42	33	22	44
23	- 5.2	- 2.2	- 6.3	- 4.6	+ 4.5	- 7.0	- 1.3	35	34	50	40	29	67
24	- 7.4	- 4.5	-10.6	- 7.5	+ 1.6	-11.0	- 4.0	44	48	64	52	36	70
25	-12.4	- 7.6	- 7.4	- 9.1	0.0	-13.0	- 5.8	67	50	70	62	48	72
26	- 5.4	- 2.2	- 3.6	- 3.7	+ 5.4	- 7.4	+ 0.2	90	89	49	76	23	91
27	- 1.2	+ 1.1	- 1.2	- 0.4	+ 8.7	- 4.4	+ 2.5	24	20	26	**23**	17	27
28	- 0.4	- 2.5	- 3.8	- 2.2	+ 6.9	- 4.2	+ 0.5	21	43	50	39	19	62
29	- 4.4	- 0.2	- 3.4	- 2.7	+ 6.4	- 5.7	+ 1.2	49	29	34	37	26	51
30	- 5.6	- 1.6	- 7.5	- 4.9	+ 4.2	- 7.6	0.0	42	38	45	42	32	49
31	-17.2	-15.6	-14.5	**-15.8**	**- 6.7**	-18.4	-13.0	100	100	36	79	31	100
Mois	- 8.76	- 6.50	- 8.19	- 7.82	+ 1.22	-10.99	- 4.34	59	58	61	59		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	60.12	59.93	60.48	60.17	78	74	84	79
2e »	64.84	65.36	65.76	65.32	53	53	55	54
3e »	67.85	67.96	68.03	67.95	47	46	45	46
Mois	64.39	64.53	64.86	64.59	59	58	61	59

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 12.40	— 10.92	— 12.14	— 11.82	— 11.90
2e »	— 8.25	— 5.45	— 6.65	— 6 78	— 6.75
3e »	— 5.91	— 3.45	— 6.00	— 5.12	— 5.34
Mois	— 8.76	— 6.50	— 8.19	— 7.82	— 7.91

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{97}{43} = 2.26$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	18.2	7.8	12.7	31.9
Neige en centimètres....	28	13	18	41

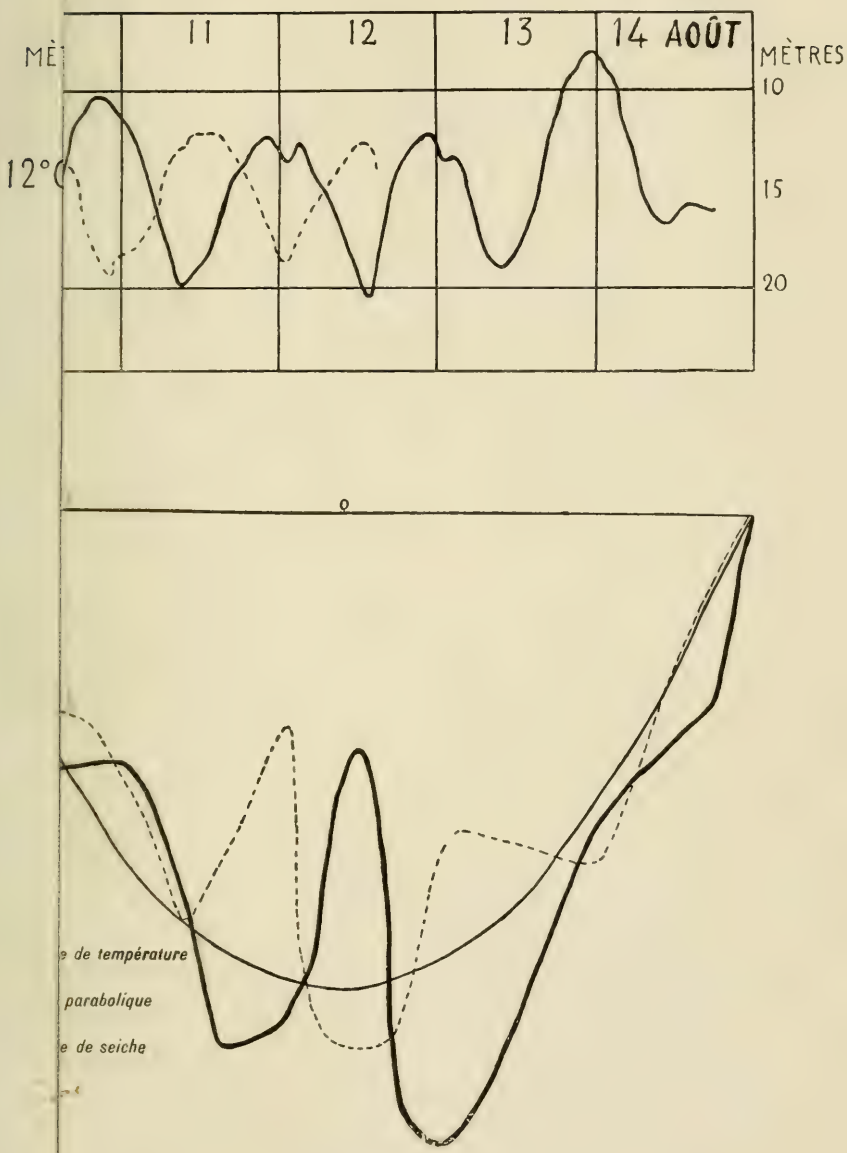


Fig. 3. — Courbes normales du Madüsee.

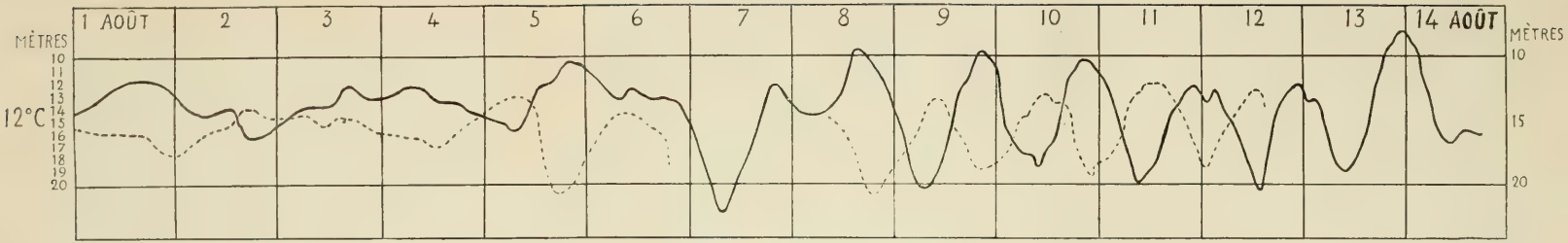


Fig. 2. — Seiche de température dans le Madüsee, 1910. 12°C.

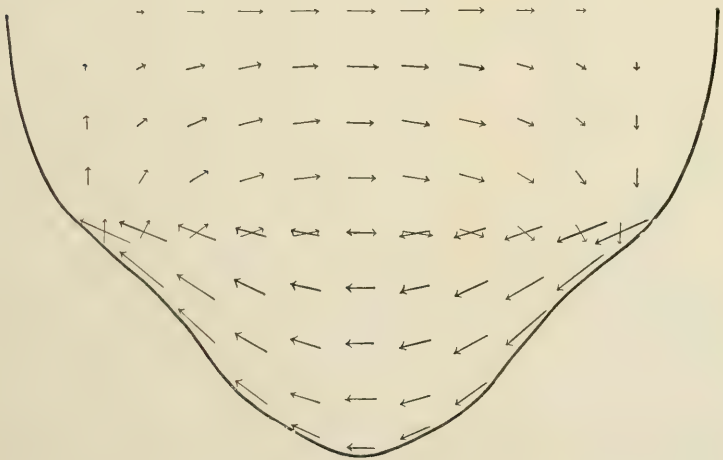


Fig. 1

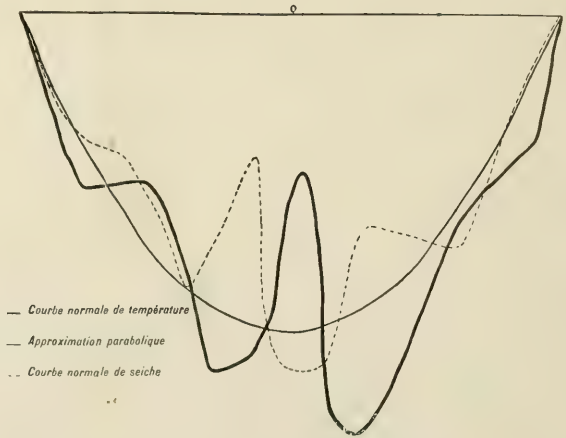


Fig. 3. — Courbes normales du Madüsee.

SUR UNE NOUVELLE DÉTERMINATION

DE LA

FORCE ÉLECTROMOTRICE

DE L'ÉLÉMENT WESTON NORMAL

(Recherches du Prof. H. Haga et du Dr J. Boerema)

PAR

R. DE BAILLEHACHE

---

§ 1. — On sait que la Conférence internationale des Unités et Etalons électriques, tenue à Londres au mois d'octobre 1908, a recommandé, pour la réalisation du volt international, l'emploi d'une pile voltaïque dont l'électrolyte est une solution aqueuse saturée de sulfate de cadmium $\left(So^4 Cd, \frac{8}{3} H^2O\right)$ l'élément Weston normal, dont la force électromotrice aurait été déterminée en fonction de l'ohm international et de l'ampère international [1].

De plus, la schédule C du procès-verbal de la séance finale de la Conférence était ainsi rédigée : « L'élément Weston normal « peut être employé comme étalon de pression électrique pour « la mesure de la *f. é. m.* et la mesure de l'intensité du cou- « rant, et, quand il est construit d'après la spécification sui- « vante [2], il peut être considéré *provisoirement* comme ayant à « la température de 20° c. une *f. é. m.* de 1,0184 volt. »

[1] Voir R. de Baillehache, *Unités électriques*, Paris, Dunod et Pinat, chap. IX, IV, p. 147, et *Vue d'ensemble sur les Unités électriques* (*La Technique moderne*, t. I, nos 11 et 12; t. II, nos 2, 4, 5, 6.)

[2] Les différents modes de préparation de la pâte de sulfate mercureux et le mode de montage de la pile sont décrits dans des Notes (appendice au Rapport de la Conférence).

§ 2. — L'élément Weston au cadmium figurait déjà à l'Exposition universelle d'Electricité de 1881, mais il ne présentait pas à cette époque les garanties de constance actuelles. Czapski a appelé l'attention des physiciens sur l'élément au cadmium en 1884; mais c'est surtout depuis 1894 que l'élément a été très étudié par Jaeger et Wachsmuth, Lindeck, Kahle, von Steinwehr (Phys. techn. Reichsanstalt), Barnes, Kohnstmann, Cohen, Smith (National Physical Laboratory), Hulett, Wolff, Waters (Bureau of Standards), Janet, Laporte, Jouaust (Laboratoire central d'Electricité), Guillet (Sorbonne).

§ 3. — La méthode habituelle pour la détermination de la *f. é. m.* d'une pile-étalon consiste dans la mesure de l'intensité d'un courant tel que la *d. de p.* à laquelle il donne naissance aux extrémités d'une résistance connue fasse équilibre à la *f. é. m.* de l'élément à étudier.

Les diverses déterminations que l'on a faites jusqu'à présent diffèrent par les procédés employés pour la mesure du courant, mais, dans tous les cas, on s'est servi, aussi bien à Paris qu'à Teddington, à Washington et à Charlottenburg d'électro-dynamomètres absolus.

Si l'on se borne aux résultats publiés dans ces cinq dernières années, on trouve pour valeur de la *f. é. m.* de l'élément Weston normal :

1906	Bureau of Standards (Washington)	à 20° C.	1,01864
1907	National Physical Laboratory (Teddington)...	à 17° C.	1,01830
1908	Laboratoire central d'électricité (Paris) :		
	MM. Janet, Laporte et Jouaust	à 16° C.	1,01885
	MM. Pellat, Laporte et Jouaust.....	à 20° C.	1,01841
	Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne (Paris). M. Guillet.....	à 20°1	1,01819 1,01825

le courant étant exprimé en ampères absolus (10^{-1} unité électromagnétique C. G. S.) et la résistance en ohms internationaux (résistance offerte à un courant électrique invariable par une colonne de mercure prise à la température de la glace fondante, ayant une masse de 14, gr. 4521, une section constante et une longueur de 106, cm. 300).

Dans les laboratoires précités, les constantes des électro-dynamomètres ont été déterminées par des calculs longs et diffi-

ciles. Mais la précision du calcul implique l'emploi de bobines solides, de grandes dimensions et à une seule couche de fil, tandis que la sensibilité de l'appareil exige l'emploi de bobines mobiles légères et à plusieurs couches de fil ; l'incompatibilité entre ces conditions opposées fait que le quatrième chiffre à droite de la virgule n'est pas connu avec certitude par l'emploi de l'électrodynamomètre.

§ 4. — Comme il y a le plus grand intérêt à déterminer par des procédés aussi différents que possible une quantité aussi fondamentale pour les mesures électriques que la *f. é. m.* de l'élément Weston normal, M. le professeur *H. Haga*[1] et M. *J. Boerema* ont employé la méthode, beaucoup plus simple en principe, mais d'une application très délicate, qui consiste à mesurer le courant à l'aide de la boussole des tangentes.

La difficulté des mesures provient de ce qu'à une erreur ε sur la valeur de la composante horizontale de l'intensité du magnétisme terrestre correspond une erreur 5,5 ε sur la valeur de la *f. é. m.* cherchée. Il faut donc, pour espérer atteindre l'approximation du $\frac{1}{10.000}$ dans le résultat, étudier minutieusement toutes les causes possibles d'erreur et déterminer les corrections à apporter aux mesures tant par le calcul que par des séries d'observations soigneuses. Mais il est possible, dans ces conditions, de déterminer avec un degré de précision suffisant l'intensité horizontale du magnétisme terrestre, avec ses variations dans l'espace et dans le temps, et de calculer le facteur de réduction de la boussole des tangentes.

L'intensité horizontale du magnétisme terrestre a été déterminée par la méthode du magnétomètre bifilaire ; le courant a été mesuré au moyen de deux boussoles des tangentes disposées, par rapport au magnétomètre, dans les mêmes conditions

[1] Le Dr H. Haga est membre du Comité scientifique des 15 Délégués de Gouvernement à la Conférence internationale de Londres, chargés, sous la présidence de lord Rayleigh, de préparer la Commission permanente internationale. Ce Comité comprend en outre : Dr Osuke Asano, M. R. Benoît, Dr M. N. Egorof, Prof. Eric Gérard, Dr R. T. Glazebrook, D. L. Kusninsky, Prof. Lindeck, Prof. G. Lippmann, Prof. Roiti, Dr E. B. Rosa, Dr S. W. Stratton, M. A. P. Trotter, Prof. E. Warburg, Prof. Fr. Weber.

que celles qui avaient servi, en 1903, à MM. Van Dijk et Kunst à déterminer la valeur de l'équivalent électro-chimique de l'argent, dans le même laboratoire de physique de l'Université de Groningue, sous la direction du professeur Haga.

Le laboratoire de Groningue est disposé dans des conditions particulièrement favorables pour le succès de telles expériences : sa construction est exempte de fer, l'endroit où il est bâti est fort tranquille et l'influence des champs parasites et des courants vagabonds n'y est pas à redouter. Toutefois, en raison de l'action perturbatrice d'un tramway électrique qui passe dans le voisinage sur les positions du magnétomètre et du variomètre, les mesures ont été faites la nuit; entre 11 h. 1/2 et 2 h. du matin, on pouvait faire deux séries de mesures. On sait d'ailleurs qu'il est bon de maintenir, autant que possible, les éléments Weston à l'abri de la lumière, de manière à éviter les *f. é. m.* causées par les phénomènes actinochimiques qui pourraient se produire.

Les résultats des recherches de MM. Haga et Boerema ont été communiqués à l'Académie Royale des Sciences d'Amsterdam le 26 novembre 1910, mais, à la suite d'une comparaison que M. le professeur Haga vient d'effectuer à la Reichsanstalt dans la première semaine de janvier 1911, entre ses étalons et les étalons internationaux allemands, le résultat définitif est que :

La f. é. m. de l'élément Weston normal à 17° *c. est de* $1{,}0183_6$ *volt* (ohm international, ampère C. G. S.), — au lieu de $1{,}0183_8$, valeur qui figure dans le compte rendu de l'Académie d'Amsterdam [1].

Je dois à la courtoisie de M. le professeur Haga de pouvoir donner ci-après une analyse assez détaillée des mesures dont il s'agit. Comme les appareils employés pour mesurer l'intensité du champ terrestre et le courant sont les mêmes que ceux qui avaient servi aux recherches de MM. Van Dijk et Kunst, j'ai dû faire de nombreux emprunts au mémoire de M. Van Dijk

[1] « The electromotive force of the Weston normal Call », by Prof. H. Haga and J. Boerema; Proceedings of the meeting of saturday November 26, 1910. — December 22, 1910 (*Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*) p. 587 et suiv.

publié dans les *Archives néerlandaises des Sciences Exactes et Naturelles* (Série II, t. IX, p. 442, 1907).

§ 5. — *Eléments Weston normaux.*

La spécification édictée par la Conférence de Londres est la suivante :

« L'électrolyte doit être neutre au rouge Congo. L'électrode de la pile est constituée par du mercure ; l'électrode + est un amalgame de cadnium formé de 12,5 parties en poids de cadmium pour 100 d'amalgame. Le dépolariseur qui est placé en contact avec l'électrode positive est une pâte faite en mélangeant du sulfate mercureux avec des cristaux pulvérisés de sulfate de cadmium et une solution aqueuse saturée de sulfate de cadmium. Pour monter la pile, la forme en H est la plus convenable. Les conducteurs passant à travers le verre et aboutissant aux électrodes doivent être en fil de platine, et l'on doit éviter tout contact de ce fil avec l'électrolyte. L'amalgame est placé dans une branche, le mercure dans l'autre. Le dépolariseur est placé au-dessus du mercure et une couche de cristaux de sulfate de cadnium est introduite dans chaque branche. La pile entière est remplie avec une solution saturée de sulfate de cadmium et alors hermétiquement scellée. »

M. Boerema construisit 31 éléments d'après le procédé dit « par précipitation », indiqué, en ce qui concerne sa partie la plus délicate, la préparation du sulfate mercureux, par le docteur von Steinwehr, physicien de la Reichsanstalt. Ce procédé, très employé au N. P. L. a été décrit complètement, d'une manière indépendante, par M. Smith [1]. Je rappelle succinctement le mode opératoire. On a commencé par distiller le mercure dans un espace d'air raréfié où les petites bulles d'air se trouvent entraînées, puis on a distillé dans le vide à plusieurs reprises. On a préparé l'amalgame de cadmium par voie électrolytique, à la teneur de 12,5 en poids de cadmium pour 100 d'amalgame, en prenant pour cathode du mercure et pour anode un bâton de cadmium pur de Kahlbaum. Le sulfate de cadmium, fourni par Kahlbaum et désigné dans le catalogue de cette maison par le qualificatif « zur Arsenbestimmung » fut cristallisé à plusieurs reprises afin d'être obtenu parfaitement pur.

[1] Voir *Phil. Trans. Roy. Soc. A.* 207, p. 393.

M. Jouaust a d'ailleurs montré, il y a quelques mois, qu'il faut éviter de pousser trop loin ces cristallisations. Le sulfate mercureux a été obtenu en préparant une solution acide d'azotate mercureux (au moyen d'acide azotique concentré et d'un excès de mercure) qu'on versa en jet très finement divisé dans une liqueur chaude d'acide sulfurique étendu d'eau; on agitait énergiquement l'acide dans lequel on versait l'azotate mercureux. Le précipité blanc fut filtré et lavé deux fois avec de l'acide sulfurique dilué; pour le débarrasser de son excès d'acidité, on le lava ensuite plusieurs fois avec une solution neutre de sulfate de cadmium; on aurait pu employer de l'alcool, mais des lavages à l'eau eussent hydrolysé fâcheusement le sel.

Les éléments, préparés à des époques différentes, étaient soudés à la lampe, aussitôt leur construction achevée, et on les plaçait dans une boîte en laiton fermée, remplie d'huile de paraffine pour les maintenir à une température uniforme et constante.

Le tableau I montre que les *f. é. m.* des éléments étaient très peu différentes l'une de l'autre; la *f. é. m.* totale des 31 éléments ne dépassait que de 38 microvolts celle de trois éléments S_5, S_6, S_8 mis en 1908 à la disposition du Prof. Haga par le National physical Laboratory. On voit donc qu'il est parfaitement possible, comme on l'avait déjà remarqué dans plusieurs laboratoires de recherches, de reproduire l'élément Weston normal, à la condition de le préparer avec soin.

L'élément choisi pour les mesures définitives fut l'élément C_{20}.

TABLEAU I

Différences de f. e. m. évaluées en microvolts entre l'élément Weston normal C_{20} et trente autres éléments Weston normaux construits au Laboratoire de Groningue

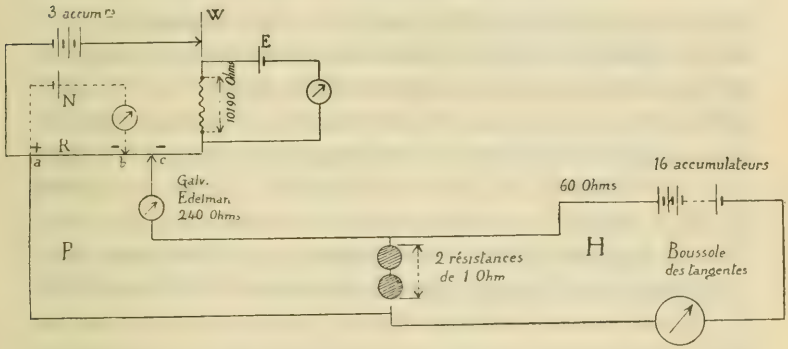
C_{13}	0	C_{19}	+ 8	C_{24}	+ 1	C_{29}	+ 4	C_{34}	0	C_{39}	− 1
C_{14}	0	C_{20}	—	C_{25}	+ 7	C_{30}	+ 7	C_{35}	− 2	C_{40}	+ 1
C_{15}	− 7	C_{21}	+ 1	C_{26}	+ 3	C_{31}	+ 3	C_{36}	− 2	C_{41}	+ 8
C_{16}	+ 2	C_{22}	+ 5	C_{27}	− 2	C_{32}	− 1	C_{37}	− 6	C_{42}	+ 6
C_{17}	− 1	C_{23}	+ 5	C_{28}	− 2	C_{33}	+ 3	C_{38}	0	C_{43}	0
C_{18}	− 2										

Excès de la *f. é. m.* moyenne des 30 éléments sur la *f. é. m.* de l'élément C_{20} ..... $\frac{38}{31} = 1{,}2$ microvolt.

§ 6. — *Dispositif des mesures.*

MM. Haga et Boerema ont adopté le dispositif figuré schématiquement ci-dessous.

Principe : Si l'on fait passer un courant d'environ 0, amp. 5 à travers une résistance de 2 ohms, on peut arriver, moyennant un réglage convenable, à opposer la *d.* de *p.* correspondante, 1 volt environ, aux bornes de cette résistance, à la *f. é. m.* de l'élément Weston normal choisi pour les mesures.



Pour réduire au minimum les variations d'intensité du courant, il est bon, comme l'expérience l'avait prouvé à M. van Dijk, d'employer un nombre assez grand d'accumulateurs et d'intercaler par conséquent une résistance assez élevée. C'est pourquoi les auteurs ont fait choix d'une batterie de 16 accumulateurs pour alimenter le circuit principal H et d'une résistance en fil de manganin réglable aux environs de 60 ohms. Deux résistances de 1 ohm, disposées en série avec les galvanomètres des tangentes, étaient intercalées entre la résistance de 60 ohms et la batterie.

Les deux résistances de 1 ohm, en manganin, ont été construites spécialement pour ces mesures par la maison Otto Wolff, de Berlin ; leur section a été calculée de façon qu'un courant de 1 ampère n'y donnerait qu'une légère élévation de température ; comme le courant des mesures était très voisin de 0,5 amp., la température de ces résistances n'a pu varier que dans de faibles proportions ; les résistances étaient d'ailleurs immergées dans une vaste cuve pleine d'huile de paraffine

remuée par un agitateur. On a évalué leur valeur en ohms internationaux en les comparant à deux résistances étalon de 1 ohm, lesquelles furent vérifiées avec le plus grand soin à la Reichsanstalt avant et après les essais. C'était une précaution indispensable, car les ohms en manganin n'ont pas toujours été dignes d'une entière confiance pour des mesures de haute métrologie.

Les résistances ont été comparées au pont de Wheatstone : les quatre branches étaient formées par une bobine de proportion (100, 0,05, 0,05, 100 ohms), les deux résistances de 1 ohm à vérifier et les deux résistances étalons de 1 ohm. Le galvanomètre occupant le cinquième côté du pont était un galvanomètre Jaeger, construit par Siemens et Halske, avec bobine mobile de 9,5 ohms de résistance, et d'une sensibilité telle qu'un courant de 0,014 microampère donnait une déviation de 1 mm. sur une échelle placée à 1 m. de distance ; on a donc pu déterminer ainsi les résistances au millionième d'ohm.

Les boussoles des tangentes étaient placées à 90 cm. au nord, et à 90 cm. au sud du magnétomètre bifilaire, de façon qu'on pût déterminer la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre immédiatement avant les mesures du courant et immédiatement après ; on continuait les lectures sur les variomètres d'intensité et de déclinaison pendant les mesures du courant.

On a comparé la *d. de p.* entre les extrémités de la résistance de 2 ohms à la *d. de p.* de l'élément Weston normal N au moyen d'un potentiomètre du Dr Raps. Une batterie auxiliaire de 3 accumulateurs, une résistance de réglage W en série avec une résistance de protection de 10.190 ohms, et un élément Weston E en dérivation sur cette résistance permettent d'obtenir un courant de 0,0001 amp. environ, et de déterminer la résistance R de façon que le courant s'annulât dans le circuit de l'élément N. Par ce dispositif, on oppose, en somme, une fraction de la tension de l'élément E, sans que celui-ci ne débite, à la tension aux points où aboutit le circuit de compensation.

On ajustait alors la résistance de 60 ohms du circuit H de telle sorte qu'avec la même résistance R, il ne passât plus de

courant dans le circuit P. A ce moment, une lecture simultanée des deux boussoles des tangentes donnait l'intensité du courant à mesurer. Mais, comme il n'était pas possible de réaliser une égalité parfaite de la résistance potentiométrique R dans les deux cas, on a fait une partie des mesures avec une résistance potentiométrique un peu plus faible dans le circuit P que dans le circuit N, l'autre partie des mesures avec une résistance potentiométrique un peu plus forte ; on pouvait ainsi obtenir la valeur du courant par une simple interpolation.

Le galvanomètre du circuit potentiométrique était un galvanomètre Edelmann à bobine mobile de 240 ohms, d'une sensibilité telle qu'un courant de 0,00036 micro-ampère donnait une déviation de 1 mm. sur une échelle divisée placée à 1 m. de distance. On pouvait donc mesurer la résistance S à un millionième près.

Les deux galvanomètres des circuits P et N étaient placées à 11 m. de distance des boussoles des tangentes, de façon à éviter l'influence des champs magnétiques des deux galvanomètres sur les boussoles.

Le magnétomètre absolu bifilaire était le même que celui qui avait servi à MM. Van Dijk et Kunst ; cet appareil est conforme en principe à celui de F. Kohlrausch[1]. Il est porté à sa partie supérieure, dit M. Van Dijk, par un haut trépied en bois. La poutrelle transversale supérieure est en laiton, d'environ 12,4 cm. de longueur et terminée par des faces planes parallèles. Les fils de suspension, en laiton, de 0,06 mm. de diamètre, sont pressés contre les faces terminales par des plaques et des vis de pression. A leur extrémité inférieure, les fils portent une poutrelle en aluminium, longue de 12,4 cm. environ, également à faces terminales verticales, contre lesquelles ils sont pressés de la même façon. En son milieu, cette deuxième poutrelle est munie d'une tige, portant un miroir et à laquelle est fixé l'étrier porte-aimant. Ce dernier est à son tour muni, à sa face inférieure, d'une tige portant une plaque de mica, qui plonge dans de la glycérine diluée, pour l'amortissement. Les deux tiges et l'étrier porte-aimant sont en aluminium. Comme le liquide ser-

[1] *Wied. Ann.* (17, 765, Pl. V ; 27, 43 — 1882).

vant à l'amortissement attaque l'aluminium, la tige qui plonge dans le liquide a été recouverte de gomme-laque ».

Pour déterminer la composante horizontale du champ terrestre, il faut trouver d'abord la direction du méridien magnétique ; pour cela, on tourne le magnétomètre bifilaire de façon que sa position ne change pas quand on y place l'aimant et quand on retourne l'aimant sur lui-même ; on s'assure de l'invariabilité en visant, à l'aide d'une lunette munie d'une échelle, le petit miroir porté par la tige sur laquelle est fixé l'étrier porte-aimant. On écarte ensuite le magnétomètre a angle droit pour le placer perpendiculairement au plan du méridien magnétique, ce qui permet de fixer les deux boussoles des tangentes au nord et au sud du magnétomètre sur des colonnes en pierre de taille scellées au plâtre sur le même pilier. On a mesuré les distances sur une échelle graduée, en verre, de 2,50 m. de longueur, placée parallèlement au méridien magnétique, à 13 mm. environ en arrière des fils de cocon des magnétomètres. Pour mesurer la distance entre les fils de cocon, on a pratiqué dans les tubes de suspension des ouvertures de 10×3 mm., au travers desquelles on pouvait viser les fils de cocon ou de quartz et les divisions de l'échelle.

Les lunettes étaient disposées avec leurs échelles à plus de 3 m. en avant des miroirs des boussoles et du magnétomètre bifilaire ; leur grossissement moyen était de 55 ; les échelles étaient en verre opalin de Hartmann et Braun.

Un localvariomètre de Kohlrausch, disposé dans un plan mené par le magnétomètre bifilaire à peu près normalement au plan du méridien magnétique, permettait de suivre les variations présentées par la déclinaison pendant la mesure de l'intensité horizontale du magnétisme terrestre. Pour connaître pendant les mesures les variations temporaires de cette intensité, on se servait d'un second variomètre installé à cet effet dans une cave à température sensiblement constante. Une lunette spéciale placée à 2 m. de distance de ce variomètre évitait que le rayonnement de l'observateur n'échauffât l'instrument ; l'échelle de cette lunette était en verre transparent ; elle était éclairée par une lampe à incandescence et un réflecteur.

On sait que MM. Van Dijk et Kunst ont notablement perfec-

tionné la construction des magnétomètres. Une étude approfondie leur avait permis de construire en 1903 des magnétomètres dont l'influence locale fût vigoureusement annulée. L'influence locale est due aux propriétés para ou diamagnétiques des parois de verre ; le perfectionnement a consisté dans un écartement suffisant de l'aiguille par rapport aux parties solides de l'appareil ; on enferme l'aiguille et le miroir dans un cylindre en bois, vertical, bien travaillé au tour, à parois peu épaisses, de 4 cm. de diamètre intérieur. A l'avant, une ouverture est pratiquée ; on la munit d'un rebord où s'adapte exactement une fenêtre en verre. Une plaque de mica, suspendue à la croix du miroir portant l'aiguille, peut se déplacer dans une fente de quelques millimètres de largeur, taillée dans le support de l'appareil, ce qui donne un fort amortissement par l'air.

§ 7. — *Calcul de H*[1].

Supposons qu'un aimant écarte de sa position d'équilibre le magnétomètre bifilaire orienté est-ouest. Le couple auquel le magnétomètre est soumis par la suspension va se trouver modifié par l'influence du magnétisme terrestre et des aiguilles des magnétomètres sud et nord. L'équation d'équilibre s'obtient en écrivant que la somme des moments des deux couples est nulle :

$$D \sin \alpha + \left(-MH \cos \alpha - 2\frac{Mm_n}{a_n^3} \cos \alpha - 2\frac{Mm_s}{a_s^3} \cos \alpha\right) = o$$

d'où

$$MH = \frac{D tg\, \alpha}{1 + 2\frac{k_n}{a_n^3} + 2\frac{k_s}{a_s^3}} \qquad (1)$$

D couple du bifilaire,

M moment magnétique de l'aimant,

H comp^te horizontale du magnétisme terrestre, à l'endroit même où l'aimant est suspendu dans l'instrument,

m_m et m_s moments magnétiques des aiguilles des magnétomètres des boussoles,

[1] Voir aussi la thèse de Doctorat de M. Jan Kunst (7 juillet 1905) : *De bifilairmagnetische Methode van Kohlrausch* (Gebrœders Hoitsema, Groningen, 1905).

a_s et a_n distances des aiguilles des magnétomètres sud et nord à l'aimant du magnétomètre bifilaire,

$k_s = \frac{m_s}{H}$, $k_u = \frac{m_n}{H}$,

α angle horizontal dont s'écarte de sa position d'équilibre la droite qui joint les deux points de suspension des fils du bifilaire.

(Les aiguilles employées, de 13 mm. environ de longueur, avaient un moment magnétique très faible : 4).

D'autre part, l'aimant bifilaire fait sortir les aiguilles des magnétomètres du plan du méridien magnétique. Considérons par exemple l'aiguille sud ; le couple ξ que l'aimant exerce sur elle peut se mettre sous la forme

$$\xi = -\frac{Mm_s}{a_s^3} P_s \cos\alpha \cos\varphi_s + 2\frac{Mm_s}{a_s^3} R_s \sin\alpha \sin\varphi_s$$

φ_s désignant l'angle de déviation, et P_s R_s ayant les valeurs suivantes :

$$\begin{cases} P_s = 1 - \frac{3}{8}\frac{d^2}{a_s^2} + \frac{15}{8}\frac{d^2}{a_s^2}\sin^2\alpha + \frac{15}{128}\frac{d^4}{a_s^4} + \frac{3}{2}\frac{\sigma_s^2}{a_s^2} \\ R_s = 1 - \frac{3}{4}\frac{d^2}{a_s^2} + \frac{5}{4}\frac{d^2}{a_s^2}\sin^2\alpha + \frac{45}{128}\frac{d^4}{a_s^4} + 3\frac{\sigma_s^2}{a_s^2} \end{cases}$$

d distance des pôles de l'aimant

σ_s distance polaire de l'aiguille sud

Mais l'aiguille sud est soumise en outre à 3 autres couples, causés par le magnétisme terrestre, la torsion du fil de suspension et l'aiguille nord. L'équation d'équilibre s'écrira donc :

$$\xi + H_s m_s \sin\varphi_s + H_s\theta_s m_s \sin\varphi_s + 2\frac{m_s m_n}{(a_s + a_n)^3}\sin\varphi_s = o$$

d'où

$$\frac{H_s}{M} = \frac{P_s \cos\alpha - 2R_s \sin\alpha tg\varphi_s}{a_s^3\left(1 + \theta_s + 2\frac{K_n}{(a_s + a_n)^3} tg\,\varphi_s\right)} \qquad (2)$$

H_s intensité horizontale à l'endroit où est placée l'aiguille située au sud de l'aimant du magnétomètre bifilaire

θ_s coefficient de torsion de l'aiguille sud,

Posant

$$f_s = \frac{H_s}{H}, \qquad \text{d'où} \qquad H = \frac{H_s}{f_s}$$

il vient, en tenant compte de (1) et de (2).

$$H = \sqrt{\frac{P_s \cos \alpha - 2R_s \sin \alpha tg\varphi_s}{f_s \left(1 + \theta_s + 2\frac{k_n}{a_n^3} + 2\frac{k_s}{a_s^3} + 2\frac{k_n}{(a_s + a_n)^3}\right.}} \cdot \sqrt{\frac{D tg\alpha}{a_s^3 tg\varphi_s}} = C_s V_s$$

C_s étant une constante dans toutes les déterminations
V_s variant d'une détermination à l'autre.

Au lieu de déduire H de l'écart du magnétomètre bifilaire et de l'écart du magnétomètre sud par rapport à leurs positions initiales, on peut évidemment déduire H semblablement de l'écart du magnétomètre bifilaire et de l'écart du magnétomètre nord par rapport à leurs positions initiales :

$$H = \sqrt{\frac{P_n \cos \alpha - 2R_n \sin \alpha tg\varphi_n}{f_n \left(1 + \theta_n + 2\frac{k_s}{a_s^3} + 2\frac{k_n}{a_n^3} + 2\frac{k_s}{(a_s + a_n)^3}\right.}} \cdot \sqrt{\frac{D tg\alpha}{a_n^3 tg\varphi_n}} = C_n V_n$$

C_n constante dans toutes les déterminations
V_n variable d'une détermination à une autre
Il s'en suit

$$H = \frac{1}{2}(C_s V_s + C_n V_n)$$

Le problème étant résolu mathématiquement, il faut mesurer et calculer les diverses grandeurs.

C'est ici que les physiciens de Groningue ont fait preuve du sens de la précision la plus rigoureuse. Il ne m'est pas possible d'entrer dans le détail de ces mesures que l'on trouvera dans les mémoires des auteurs, mais il importe d'en donner une idée. Voyons par exemple les facteurs qui servent à mesurer D.

Le calcul donne :

$$D. = \left(mg\frac{e_1 e_2}{4} + \frac{2\pi}{5}\varrho^4 Eg\right)\left(L - \varrho^2\sqrt{\frac{2\pi E}{m}}\right)$$

e_1 e_2 distances des fils de suspension au niveau des poutrelles supérieure et inférieure du magnétomètre bifilaire (longueur des poutrelles, environ 12,4 cm.).
L longueur moyenne des fils de suspension en laiton (231,834 c.)
ρ rayon du fil de suspension (environ 0,03 mm.).
E module d'élasticité (90×10^7)

m masse des corps suspendus aux fils de suspension, augmentée du $^1/_2$ poids de ces derniers (162,735 gr.)

g accélération de la pesanteur au lieu des mesures[1]

$$g = 980{,}615\ (1 - 0{,}000264 \cos 2\varphi - 0{,}0000002\ h)\ \text{cm. s}^{-2}$$

φ latitude en degrés et minutes, de Groningue

h altitude au-dessus du niveau de la mer ($h = 0^m$).

Pour mesurer m, on a pesé les différentes pièces du magnétomètre bifilaire qui devaient être suspendues aux fils, globalement et séparément, avant et après les déterminations. Pour effectuer ces pesées, on s'est servi de poids corrrigés en fonction d'un kilogramme étalon de masse exactement connue. On a trouvé pour poids du système bifilaire dans l'air m = 162,735 grammes.

La longueur des fils de suspension a été conservée à l'aide d'une échelle en verre, comparée sous le comparateur avec un mètre étalon. Cette longueur est égale à la distance entre le bord inférieur de la poutrelle transversale supérieure et le bord supérieur de la poutrelle inférieure, à l'endroit du serrage des fils. Les mesures des fils est et ouest ont été effectuées avant, pendant et après les déterminations de la f. é. m. de l'élément Weston C_{20}. On a tenu compte des températures des parties supérieure t_s et inférieure t_i du magnétomètre bifilaire et on a admis que la température du fil de suspension était la moyenne t_m entre t_s et t_i.

Finalement, on a trouvé pour D l'expression :

$$D = 26492\,(1 + 0{,}000019\,(t_s - t_m) + 0{,}000023 t_i)$$

Pour déterminer f. on s'est servi du variomètre d'intensité, en le garantissant le mieux possible contre des influences de température. Une étude préliminaire avait montré qu'à une élévation de la température de 1° correspondait une augmentation de 0,00069 de la valeur de H. On a trouvé

$$f_s = 0{,}99976 \qquad \text{et} \qquad f_n = 0{,}99986$$

Après avoir effectué toutes les mesures et toutes les correc-

[1] La valeur 980, 615 qui correspond à $g_{45°\ 0^m}$ a été sanctionnée en octobre 1907 par la 4e Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris.

tions avec beaucoup de soin, MM. Van Dijk et Kunst avaient trouvé pour C_s et C_n les valeurs

$$C_s = 0{,}99530, \qquad C_n = 0{,}99527$$

Les mêmes formules ont été employées de nouveau par MM. Haga et Boerema. Mais les instruments ont été démontés et remontés à nouveau, les fils de suspension ont été remplacés par d'autres ; toutes les grandeurs ont été déterminées à nouveau, sauf la distance polaire de l'aimant.

La connaissance précise de cette importante quantité avait été obtenue précédemment par une mesure à six reprises des angles dont l'aimant faisait dévier une courte aiguille aimantée placée à deux distances différentes; trois séries de mesures avaient été faites à des distances de 75 cm. et 105., trois séries intermédiaires à des distances de 80 cm. et de 100 cm. La moyenne des mesures s'était trouvée, par hasard, être précisément égale aux $^5/_6$ de longueur de l'aimant (soit 13,38, l'aimant étant un cylindre creux de 16,06 cm. de longueur et de 1,5 cm. de diamètre).

§ 8. — *Calcul de i.*

La formule classique qui donne l'intensité du courant dans une boussole des tangentes est, comme on le sait :

$$i = \frac{HR}{2\pi n} tg\omega$$

Il faut tenir compte ici de nombreux termes de correction.

La *boussole sud,* identique en principe à celle de Kohlrausch « porte un cercle conducteur formé par une bande de cuivre, de 8 mm. 4 de largeur et de 3 mm. 6 d'épaisseur, supportée par un cadre en bois. Après avoir été travaillé au tour, l'anneau a été ouvert et les deux extrêmités libres ont été réunies de nouveau au moyen d'une pièce d'ivoire. A ces deux extrémités ont été vissées deux bandes de cuivre, longues de 16 cm., servant d'électrodes. Ces deux bandes, disposées parallèlement et tout près l'une de l'autre, ont été séparées par des plaques de mica; leur épaisseur est de 4 mm. 4, la distance de leurs milieux de 4 mm. 6. Le diamètre de l'anneau est un peu plus de 40 cm. L'anneau avec son cadre peut être vissé sur un support à vis calantes ». On a évidemment ici n = 1.

Soit alors un courant d'intensité i_s, imprimant à l'aiguille sud une déviation ω_s. L'aiguille sud est soumise de ce chef à un couple qui vient s'ajouter au couple auquel l'aiguille est soumise de la part du magnétisme terrestre, du fil de cocon et de l'aiguille du magnétomètre nord. On obtient l'équation d'équilibre en écrivant que la somme des moments de ces couples est nulle. Si l'on tire i_s, de cette équation, il vient, tous calculs faits :

$$i_s = \frac{H_s R}{2\pi}\left(1 + \theta_s + \frac{2K_n}{(a_s + a_n)^3}\right) \times \left(1 + \frac{1}{8}\frac{b^2}{R^2} - \frac{1}{6}\frac{h^2}{R^2} - \frac{3}{16}\frac{\sigma_s^2}{R^2} + \frac{al}{2\pi R}\frac{R + l/2}{(R + l)^2}\right)$$
$$\times \left(1 + \frac{15}{16}\frac{\sigma_s^2}{R^2}\sin^2\omega_s\right) \times tg\omega_s$$

R rayon moyen de l'anneau de la boussole sud

2R = 40 cm. 445 (1 + 0,000017 (t — 17°,3)).

b sa largeur 0 cm. 84,

h son épaisseur 0 cm. 36,

l longueur des bandes servant d'électrode 16 cm. 0,

a distance de leurs milieux, 0 cm. 46,

σ distance des pôles de l'aiguille.

Le terme correctif $\frac{al}{1\pi R}\frac{R + l/_2}{(R + l)^2}$ provient des pièces qui introduisent le courant dans l'anneau.

En mesurant et calculant les différents termes, on a trouvé :

$$i_s = 3{,}2214\ H_s\left[1 + 0.000017(t^\circ - 17^\circ 3)\right] \times (1 + 0{,}0026 \sin^2\omega_s) \times tg\omega_s$$

Dans la *boussole nord*, le courant traverse un fil circulaire en cuivre de 0,59 mm. de diamètre. « Ce fil est couché et fortement tendu dans une rainure peu profonde, pratiquée sur le bord d'un disque de marbre, travaillé au tour et épais de 15 mm. Un espace triangulaire a été taillé dans le disque de marbre pour y placer le magnétomètre. Le fil est tendu presque sur tout le contour du disque; au moment où elles se touchent presque, les deux extrémités du fil s'infléchissent et deviennent parallèles. Au point d'inflexion, elles sont maintenues par une pièce d'ébonite, fixée au disque de marbre. » Pour connaître l'allure du fil dans la pièce d'ébonite, on a photographié cette partie de la boussole au moyen des rayons Röntgen; l'image d'une projection sur le plan de l'anneau a montré qu'en

projection les fils formaient, avec le bord du disque, un petit triangle curviligne de 6 mmq. environ de surface.

Le calcul de i pour la boussole nord a donné l'expression :

$$i_n = 3{,}2869\ \mathrm{H}_n \left[1 + 0{,}000008(t^2 - 17{,}5)\right] \times (1 + 0{,}0028 \sin^2\omega_n) \times tg\omega_n$$

On a fait circuler le courant dans les deux boussoles des tangentes à la fois. La lecture d'un variomètre de déclinaison permettait de suivre la variation de cette grandeur. Le courant était amené aux boussoles par deux câbles tordus uniformément l'un autour de l'autre.

§ 9. *Dimensions linéaires.* — Toutes les dimensions linéaires des instruments nécessaires pour la détermination de l'intensité du courant : le diamètre de l'anneau de la boussole sud, le diamètre du fil circulaire conducteur du courant de la boussole nord, les longueurs et les distances des fils de suspension de l'aimant du magnétomètre bifilaire

$$\left(l = \mathrm{L} - \varrho^2 \sqrt{\frac{2\pi \mathrm{E}}{m}} = 231^{\mathrm{cm}},834 - \overline{0{,}003}^2 \sqrt{\frac{2\pi \times 90 \times 10^7}{162{,}7}} = 231{,}781 \text{ à } 18^\circ\right.$$

$$l_t = 231{,}781 \left[1 + 0{,}000019\,(t - 18)\right]$$

$$e_1 = 12{,}4058 \left[1 + 0{,}000019\,(t - 16{,}7)\right] \text{ à la hauteur de la poutrelle supérieure}$$

$$\left.e_2 = 12{,}4017 \left[1 + 0{,}000023\,(t - 16{,}5)\right] \text{ à la hauteur de la poutrelle inférieure}\right)$$

ont été déterminées par M. Boerema à l'aide d'un *mètre étalon en invar*, dont les erreurs de graduation avaient été relevées par comparaison avec un double décimètre en invar vérifié au Bureau international des Poids et Mesures (Sèvres).

Les mesures des diamètres de l'anneau de la boussole sud ont été effectuées au moyen d'un cathétomètre de la Société Genevoise, portant deux lunettes avec micromètre oculaire. L'anneau et son support étaient disposés devant le cathétomètre et on plaçait le mètre étalon dans le voisinage immédiat, à la même distance du cathétomètre.

Mesure des distances à l'échelle. — On s'est servi d'une règle en laiton, de 3 m. environ de longueur, graduée en mm. vers ses extrémités, le long desquelles glissaient des réglettes également en laiton, graduées aussi en mm. et munies à leurs bouts de pointes en ivoire.

Dans chaque détermination, on a mesuré la distance du mi-

roir à l'échelle pour le magnétomètre bifilaire, celle de l'échelle à la paroi de verre pour les magnétomètres unifilaires. Ces distances étaient un peu supérieures à 3 m. Pour les mesurer, on plaçait, par exemple, la règle de 3 m. entre l'échelle et le miroir; on tirait les réglettes jusqu'à ce qu'elles vinssent affleurer, par leurs pointes d'ivoire, l'une l'échelle, l'autre le miroir. Les réglettes avaient leurs zéros tout près de l'extrémité: la somme des distances des pointes d'ivoire des deux réglettes aux zéros correspondants était exactement de 0,95 cm. Les distances des zéros des réglettes à l'extrémité correspondante de la règle étaient lues sur les réglettes elles-mêmes. De la sorte, la distance à l'échelle comprenait 3 termes: longueur de la règle de 3 m., somme des deux dernières lectures, somme des distances des points zéro aux pointes d'ivoire.

La règle de 3 m. portait, à des distances de 1 m., des traits gravés. La distance de ces traits était comparée au mètre étalon, en tenant compte de la température ambiante, avant et après les observations.

Pour chaque magnétomètre unifilaire, on a mesuré séparément, avant et après les déterminations, l'écartement entre la face antérieure de la fenêtre de verre et le miroir; soit δ_s la moyenne de ces valeurs pour le magnétomètre sud.

Les corrections à apporter aux mesures des distances étaient les suivantes:

1° Soit A la distance de l'échelle au miroir, l_2 la différence de hauteur entre l'échelle et le miroir; alors la distance horizontale est

$$A \cos \operatorname{arc} \sin \frac{l_2}{A}$$

2° Soit l_1 la différence de hauteur entre l'échelle et l'axe de la lunette, la correction pour l'inclinaison du miroir est

$$\frac{-\frac{l_1}{2}\left(\frac{l_1}{2} - l_2\right)}{A}$$

3° Soit r le rayon de courbure, e la distance horizontale du miroir à l'axe de rotation, la correction pour la courbure du miroir est

$$A \frac{e}{r}$$

4° La correction pour l'épaisseur d du miroir est $\frac{13}{20}d$.

5° La correction pour l'épaisseur d_1 de la fenêtre est $-\frac{7}{20}d_1$.

Supposons, par exemple, que le total de ces cinq corrections ait donné, pour le magnétomètre sud $-0,130$. Comme $\delta_s = 2,59$ cm, la distance à l'échelle à introduire dans le calcul est

pour le magnétomètre sud ...	$300,08+0,95-0,130+2,59=303^{cm},49$
pour le magnétomètre nord ..	$300,08+0,95-0,142+2,62=303^{cm},51$
pour le magnétomètre bifilaire	$300,08+0,95-0,060 \quad =300^{cm},97$

§ 10. *Amenée du courant.* — Les câbles, uniformément tordus l'un autour de l'autre, qui servaient à conduire le courant aux boussoles, aboutissaient à deux godets remplis de mercure où plongeaient les fils parallèles dont il a été question précédemment. Les godets étaient creusés dans une pièce d'ébonite et séparés par une paroi mince. Câbles et godets étaient parfaitement isolés : on s'en est assuré en établissant une communication entre les deux godets de mercure, ce qui mettait le câble en court-circuit; on a pu lancer des courants, même intenses, sans constater aucune action sur l'aiguille de la boussole.

§ 11. *Marche des opérations.* — Les mesures nécessitèrent le concours de quatre opérateurs : MM. Haga et Boerema, MM. E. Oosterhuis et R. Palsma. Chacune d'elles comprenait trois séries d'opérations consécutives. Dans les déterminations finales, on a effectué 10 séries semblables de mesures, de sorte que le nombre total des mesures du courant s'est élevé à 50 pour chacune des boussoles des tangentes.

L'ordre des mesures était le suivant :

1° Première détermination de la composante horizontale H du champ magnétique de la terre.

Les observateurs devaient lire à la fois, sur un signal donné et à 5 reprises espacées de 4 minutes, les positions du magnétomètre bifilaire et des magnétomètres sud et nord ; ils devaient lire aussi à des intervalles réguliers (toutes les 2 minutes, par exemple) les indications du variomètre d'intensité horizontale et de déclinaison. La simultanéité des lectures était possible grâce à la présence de quatre observateurs.

2° Détermination de l'écart des deux boussoles des tangentes à l'instant où le circuit P se trouvait sans courant; lecture simultanée de la valeur de la résistance potentiométrique R. Cette mesure a été généralement répétée 11 fois de suite, chaque fois après qu'on eût renversé le courant dans les boussoles au moyen d'un commutateur placé près d'une des lunettes. On faisait les lectures au moment où les magnétomètres restaient sans mouvement appréciable.

2° Seconde détermination de H (comme la première).

Pendant tout le temps qu'on ne mesurait pas H, on avait soin de remplacer l'aimant par un cylindre en laiton de même poids (109 gr. 596), afin d'exercer la même tension sur les fils du bifilaire. Après chaque détermination de H, on enlevait l'aimant et on le mettait dans une boîte contenant de l'ouate pour éviter autant que possible les variations de température. C'est alors seulement qu'on lançait le courant dans les appareils. Pendant tout le passage du courant, on observait simultanément les magnétomètres pour contrôler leurs allures.

Des thermomètres étaient pendus à la hauteur de la poutrelle transversale supérieure du magnétomètre bifilaire et à peu près au niveau de la poutrelle inférieure et des boussoles des tangentes. On observait ces thermomètres une première fois avant la première détermination de H, puis une seconde fois après la seconde détermination de H dans la mesure considérée.

Les observations des magnétomètres faisaient connaître, pour une détermination donnée de H, la première par exemple, les écarts du magnétomètre bifilaire, du magnétomètre sud et du magnétomètre nord. Comme on avait mesuré avec précision les distances à l'échelle de chacun de ces appareils, on en déduisait les angles de variations α, φ_s et φ_n, soit pour fixer les idées :

$$\alpha = 1°21'23''1 \qquad \varphi_s = 1°28'25'',6 \qquad \varphi_n = 1°28'28'',4$$

(Dans toutes les déterminations, les valeurs de α sont restées comprises entre 1°21′ et 1°22′, celles de φ_s et de φ_n entre 1°28′ 1°29′).

Supposons que la valeur de D, aussi bien pour la première détermination de H ($t_s = 17°4$, $t_m = 17°4$) que pour la deuxième ($t_s = 17°1$, $t_m = 17°2$) ait donné D = 26502, et que d'autre part

on ait calculé a_s et a_n et trouvé, en tenant compte de la correction pour ladilatation de l'échelle : a_s =89cm.988 et

$$a_n = 90^{cm},031$$

on a :

$$V_s = \sqrt{\frac{D tg\alpha}{a_s^3 tg\varphi_s}} = 0,18278 ; \quad V_n = \sqrt{\frac{D tg\alpha}{a_n^3 tg\varphi_n}} = 0,18277$$

d'où :

$$C_s V_s = 0,18192$$
$$C_n V_n = 0,18191$$
$$\text{Moyenne } H_1\ 0,18191 \quad \text{Moyenne } H_2 = 0,18180$$

Supposons que les moyennes des lectures du variomètre d'intensité avaient donné, après réduction à la température t=15°7 de la 1re détermination de H les valeurs

75cm,50	75cm,33	74cm,91
(1e dét. de H)	(Courant)	(2e dét. de H)

Il en résulte comme valeur moyenne de H pendant le passage du courant :

$$H_c = H_1(1 - 0,00075 \times 0,17) = 0,18189$$
$$H_c = H_2(1 + 0,00075 \times 0,42) = 0,18185$$
$$\text{Moyenne} = 0,18187$$

et comme le courant était lancé dans la boussole nord,

$$H_n = f_n H_c = 0,18185$$

§ 12. — *Résultats des mesures.* — Ces résultats sont résumés dans les tableaux II et III.

Tableau II. — Les colonnes H_s et H_n donnent trois déterminations de la composante horizontale du champ terrestre, du 26 au 30 septembre 1910. Les valeurs sont déduites des lectures du magnétomètre sud et de celles du magnétomètre nord.

Les colonnes $H_{(i_1)}$ et $H_{(i_2)}$ donnent les valeurs de H correspondant aux positions moyennes du variomètre d'intensité, c'est-à-dire pendant les premières et deuxièmes mesures du courant, telles qu'elles résultent des trois déterminations de H.

On a déterminé l'intensité du courant en ampères, avec les corrections nécessaires, d'après la moyenne des valeurs de H ainsi trouvée, d'après les diamètres des boussoles des tangentes et d'après les angles de déviation (§ 8). La colonne i_s donne l'intensité des 1res et 2mes mesures déduites, pour chaque jour, des lectures de la boussole des tangentes placées au sud du

TABLEAU II

Date	H_s	H_n	$H_{(i_2)}$	$H_{(i_1)}$	i_s	i_n
26 septembre	0.18154	0.18148	0.18150	0.18156	0.50915	0.50910
	57	54	53	59	24	24
	61	62	56	62		
27 septembre	0.18172	0.18172	0.18175	0.18147	0.50918	0.50923
	66	68	76	48	17	16
	47	49	70	43		
28 septembre	0.18181	0.18178	0.18164	0.18158	0.50925	0.50908
	58	61	64	57	27	22
	64	63	62	55		
29 septembre	0.18124	0.18128	0.18136	0.18134	0.50919	0.50904
	33	33	34	32	23	07
	31	33	40	38		
30 septembre	0.18153	0.18146	0.18149	0.18149	0.50919	0.50915
	49	44	45	45	20	24
	52	44	49	49		

magnétomètre bifilaire : la colonne i_n donne les chiffres correspondants pour la boussole nord.

Tableau III. — La colonne i donne, pour chaque jour, les valeurs de la moyenne des deux intensités des courants i_s et i_n du tableau II. La colonne R_P donne la résistance potentiométrique du circuit P. On peut vérifier que, chaque jour, une valeur de R_P est plus grande que la valeur correspondante de R_N, et l'autre plus petite (§ 6). La colonne R donne les valeurs de la résistance de 2 ohms pour la température t_N, à laquelle cette résistance a été soumise au courant.

La *f. é. m.* de l'élément C_{20}, à la température t_N se trouve alors donnée par l'expression $i.R.\frac{R_N}{R_P}$.

On en déduit la *f. é. m.* à 17°, voisine de la température moyenne des mesures, à l'aide de la formule de la température recommandée par la Conférence de Londres[1] :

$$E_t = E_{20} - 0{,}0000406(t^\circ - 20^\circ) - 0{,}00000095(t^\circ - 20^\circ)^2 + 0{,}00000001(t^\circ - 20^\circ)^3$$

[1] Cette formule a été proposée par M. Wolff (*Bulletin du Bureau of Standards*, t. V, n° 11, 1908).

TABLEAU III

Date	i	R_P	R_N	t_N	R	f. é. m. de l'élément C_{20} à 17°
26 septembre	0.50913	10190.2	10191.0	15°.6	2.00002_5	**1.01829**
	20	1.1	1.0	15°.6	2_0	**34**
27 septembre	0.50920	10191.7	10191.1	15°.7	2.00000_9	**1.01830**
	16	0.6	1.0_5	15°.8	1_5	**33**
28 septembre	0.50917	10190.7	10190.9	16°.0	2.00002_0	**1.01832**
	24	1.3	0.9_5	16°.0	2_5	**41**
29 septembre	0.50912	10190.6	10190.8	18°.2	2.00014_1	**1.01836**
	15	1.2_5	0.8	18°.2	4_1	**38**
30 septembre	0.50917	10190.8	10191.0	16°.5	2.00006_8	**1.01838**
	22	0.2_5	1.0	16°.5	6_2	**42**
					Moyenne	**1.01835**

Mais d'après le tableau I (p. 6), la *f. é. m.* moyenne des 31 éléments est de 1 microvolt supérieure à la *f. é. m.* de l'élément C_{20}, et comme la *f. é. m.* moyenne des éléments 25—36 est inférieure de 1.10^{-5} volt à celle de la moyenne des éléments internationaux de la Reichsanstalt, il résulte des recherches de MM. Haga et Boerema que *la* f. e. m. *de l'élément Weston normal à 17° est 1,0183$_6$ volt.* Ce résultat est exprimé en volt (ohm international anglo-allemand × ampère 10^{-1} C. G. S.).

§ 13. — *Comparaison avec les résultats du § 3.* — Dans une lettre qu'il m'adressait le 23 janvier, M. le Dr Glazebrook, directeur du National Physical Laboratory, m'écrivait à ce propos : « For the purpose of comparing our result with that obtained by Prof. Haga and Dr. Boerema the N. P. L. international ohm may be taken as identical with that of the Reichsanstalt. The agreement of Prof. Haga's result with ours is very satisfactory. »

Il convient, en effet, de remarquer que l'ohm international français, *tel qu'il a été réalisé au Laboratoire Central d'Electricité*, paraît être de $^1/_{10000}$ plus petit que les ohms du P. T. R. et du N. P. L.[1]

[1] Travaux du Laboratoire central d'Electricité. — Recherches de M. R. Jouaust (*Bulletin de la Soc. internat. des Electriciens*, t. X (2), n° 93, mars 1910).

La comparaison du résultat obtenu par MM. Haga et Boerema avec ceux qui ont été obtenus par les physiciens des autres laboratoires de recherches peut se résumer ci-dessous :

$E_{B.ofS.} - E_{Gron.} =$	28 centmillièmes de volt	$E_{Gron.} - E_{Sorb.} =$	14 centmillièmes de volt
$E_{L.C.E.(Janet)} - E_{Gron.} =$	34 »		8
$E_{L.C.E.(Pellat)} - E_{Gron.} =$	8 »	$E_{Gron.} - E_{N.P.L.} =$	6 » »

La valeur 1,01869 qu'on trouve dans les ouvrages pour le L. C. E. à 20° correspond à la formule de réduction

$$E_t = E_{20}\left[1 - 0{,}000038(t-20) - 0{,}00000065(t-20)^2\right]$$

donnée par MM. Jäger et Lindeck, en 1901, pour les éléments au cadmium, à électrolyte saturé[1]. Si l'on prend la formule de la Conférence de Londres, on trouve 1,01867.

Comme il subsiste encore un doute sur la valeur exacte de l'équivalent électrochimique de l'argent, et que, par suite, le rapport entre l'ampère vrai et l'ampère international n'est pas connu exactement, il n'est pas encore possible, dans l'état actuel de la Métrologie électrique, d'exprimer les résultats en fonction du volt international (ohm international $\times$ ampère international).

On remarquera enfin que les recherches faites sous la direction du professeur Haga établissent à quel point la boussole des tangentes est un instrument précieux pour les mesures de haute précision des courants de l'ordre de l'ampère, contrairement à une opinion très répandue parmi les physiciens. C'est en se servant de boussoles des tangentes que MM. Van Dijk et Kunst ont trouvé que la masse d'argent déposée pendant l'unité de temps par l'unité d'intensité du courant, à la cathode d'un voltamètre à argent, où les produits formés à l'anode n'atteignent pas la cathode, est représentée le mieux par 0,011180 C. C. S., et l'on sait que c'est exactement cette valeur-là qui a été sanctionnée, en 1908, par la Conférence de Londres pour la définition de l'ampère international.

Paris, 26 janvier 1911.

[1] Jäger et Lindeck : *Annalen der Physik*, 4me série, t. 5, 1901.

SUR

LE PRINCIPE DE MAXWELL

dans l'électrodynamique de l'élément

PAR

L. DE LA RIVE

Note faisant suite à l'article publié sous ce titre dans le numéro précédent des *Archives*[1].

Les conclusions de mon mémoire sont correctes, mais nécessitent une démonstration qui doit en faire partie et qui est l'objet de cette note. En effet, je n'ai calculé la dérivée du flux électrique que pour une surface sphérique et cette condition ne permettrait pas l'intégration par rapport à s', pour un circuit électrique fermé, puisque la sphéricité ne peut exister simultanément pour deux éléments ds'. Pour laisser à la surface d'intégration et à la courbe fermée qui la limite leur généralité, il faut donc calculer la dérivée du flux relatif à un élément de surface dont la normale fait un angle quelconque avec le rayon vecteur et montrer que la relation, établie dans le cas d'une surface sphérique, subsiste.

Je dois à M. le Prof. C. Cailler de m'avoir communiqué une démonstration qui résulte en partie de mes calculs et que je reproduis ici avec mes meilleurs remerciements. Rappelons qu'à la dérivée par rapport à t du flux électrique dû à l'élément ds' du courant de convection en P' on peut substituer, en laissant de côté le facteur $v.dq$, la dérivée par rapport à s' du flux relatif à l'élément de surface do, en P, c'est-à-dire

$$d/ds'.\ \cos\,(n.r)/r^2.do$$

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 4, XXXI, février 1911, p. 118.

et qu'il s'agit de montrer que l'intégrale de surface du flux est équivalente à l'intégrale de contour de la force magnétique en P, due à l'action de l'élément de courant ds', d'après la loi de Laplace, en laissant de côté le facteur ids' égal à vdq.

Soit F l'unité de force électromagnétique en P donnée par $F = \sin (r.ds']/r^2$ et Q la force électrostatique entre deux masses unités, punctiformes centrées en P et P', donnée par $Q = 1/r^2$. on a alors identiquement en notations vectorielles :

$$rot\ F = \frac{d}{ds'}[Q] \tag{1}$$

ce qui se vérifie de suite sur les formules des pages 120, 121. On a, par exemple, en projetant sur OX,

$$\frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz} = \frac{d}{ds'}\left[\frac{x-x'}{r^3}\right]$$

Nommons donc n la normale à l'élément superficiel do, r le rayon vecteur PP', l'équation (1) donne en particulier

$$rot_n\ F = \frac{d}{ds'}[Q_n] = \frac{d}{ds'}\left[\frac{\cos\ (n.r)}{r^2}\right]$$

Enfin le théorème de Stokes se lit :

$$\int F_s\ ds = \int rot_n\ F\ do = \frac{d}{ds'}\int \frac{\cos\ (n.r)}{r^2}\ do$$

Ceci constitue justement le théorème à démontrer.

LE PLATINE

ET LES

GITES PLATINIFÈRES DE L'OURAL

PAR

L. DUPARC

Professeur à l'Université de Genève

Lorsqu'en 1900, j'entrepris mes premières recherches sur les gisements de platine du Koswinsky-Kamen, j'arrivais à la conclusion que le platine se rencontrait exclusivement dans la dunite, et que seule cette roche basique pouvait constituer les gîtes primaires de ce métal. Cette opinion qui fut à cette époque exposée dans une séance de la Société de Physique de Genève, était le résultat de nombreuses recherches exécutées dans des conditions particulièrement favorables sur les alluvions de différents cours d'eau qui prenaient leur source dans des roches variées ou ravinaient exclusivement les formations pétrographiques les plus diverses. Dans les six années qui suivirent, j'ai, en compagnie de Mlle Marguerite Tikanowitch, ma fidèle collaboratrice, exploré toute la région de l'Oural du Nord qui s'étend du Koswinsky aux sources de la Soswa septentrionale, en vue de trouver sur ce vaste territoire des nouveaux centres dunitiques. Au cours de ces explorations, j'ai découvert plusieurs gisements de platine nouveaux qui se trouvent dans des conditions identiques à ceux du Koswinsky. Plus tard, préoccupé par une série de questions théoriques qui se rattachent à la genèse des gîtes platinifères, j'ai, pendant plusieurs années, étudié sur place les divers centres platinifères connus de l'Oural, et réuni un matériel d'étude considérable, notamment une collection très complète d'échantillons des platines de tous les gîtes.

Au cours de cette étude, j'ai eu l'occasion de visiter des gisements d'un type tout à fait nouveau et différent de celui que je considérais comme classique. Aujourd'hui, grâce à la collaboration de plusieurs de mes élèves, l'étude des matériaux que j'ai réunis est achevée, et je me propose d'exposer les résultats de ces différentes recherches dans un volume consacré exclusivement aux gisements platinifères de l'Oural. La présente communication[1] doit être envisagée comme un aperçu succinct et résumé de cet ouvrage qui, je l'espère, paraîtra avant la fin de cette année.

PÉTROGRAPHIE DES GITES PLATINIFÈRES

Lorsqu'on jette un coup d'œil sur une carte géologique de l'Oural, on constate dans cette chaîne la présence d'une longue bande de roches éruptives basiques qui est cantonnée à proximité de la ligne de partage des eaux européennes et asiatiques, mais qui se trouve plutôt sur le versant oriental de la chaîne ; à l'Est comme à l'Ouest, elle est flanquée par les schistes cristallins métamorphiques. Cette bande est pour ainsi dire continue dans une notable partie de l'Oural du Nord et de l'Oural central; dans l'Oural du Sud, elle se prolonge par une série d'îlots isolés, mais alignés toujours suivant la même direction.

C'est dans cette première zone des roches basiques, que j'appellerai zone occidentale, que se trouvent tous les gisements dunitiques platinifères de l'Oural. A l'Est de cette bande, il en existe une seconde, moins longue et discontinue, qui est d'ailleurs constituée par des roches un peu différentes, parmi lesquelles prédominent les serpentines; elle disparaît comme telle un peu au sud d'Ekaterineburg ou se confond avec la première; je lui donnerai le nom de zone orientale des roches basiques. Les cours d'eau qui ravinent cette zone sont généralement aurifères et plusieurs d'entre eux contiennent un peu de platine, mais nulle part on n'y connaît l'existence d'un gîte dunitique primaire analogue à l'un de ceux de la zone occidentale.

[1] Cette note représente l'exposé un peu développé d'une communication faite devant la Société Impériale de Minéralogie de Saint-Pétersbourg et répétée devant la Société de Physique de Genève.

En allant du nord au sud, ces gîtes dunitiques s'échelonnent comme suit dans cette dernière :

1. *Le gisement du Daneskin-Kamen,* sur la rive gauche de la Soswa du Sud, sur la datcha de Wcéwolo-Blagodat ; avec les rivières platinifères Solwa et Supreïa qui s'y amorcent, et la Soswa elle-même dans laquelle elles se jettent. Ce gisement, le seul que je n'aie pas visité, a été étudié par M. Lewinson-Lessing (voir la liste bibliographique).

2. *Le gisement de Gladkaïa-Sopka,* sur la rive gauche de la rivière Wagran, dans la Wagranskaya-Datcha, un peu à l'ouest du petit village de Baronskoe, avec la rivière platinifère appelée Travianka, affluent de Wagran. Les alluvions de Travianka n'ont jamais été exploitées, j'ai découvert le gîte primaire en 1904.

3. *Le gisement du Tilaï-Kanjakowsky,* sur la Pawdinskaya-Datcha, à l'extrémité nord de cette chaîne, et à proximité des Monts Ostchy et de la rivière Kakwa, avec les deux rivières platinifères de Jow et Poloudniewaïa, qui coulent sur la Sibérie. J'ai découvert ce gîte en 1901 ; l'exploitation des alluvions des deux rivières a commencé en 1907.

4. *Les gisements du KoswinskyKamen,* sur la Pawdinskaya et la Rastesskaya-Datcha. Ils sont au nombre de deux : le premier se trouve sur le versant occidental du Koswinsky, et constitue le Sosnowsky-Ouwal, avec les rivières platinifères Logwinska, Malaïa et Balchaïa Sosnowka qui en descendent, et la rivière Tilaï qui les réunit ; ces différentes rivières se trouvent sur le versant européen de l'Oural. Le second centre primaire est situé sur le flanc oriental du Koswinsky, et forme l'éperon qui se détache de cette montagne. Il a alimenté en platine les alluvions de la rivière Kitlim qui coule sur le versant asiatique, et probablement celles de la rivière Malaïa-Koswa, affluent de la grande Koswa, qui coule sur le versant européen de l'Oural. J'ai découvert le gîte primaire de Kitlim en 1901.

4. *Le gisement de Kaménouchky*, sur la Pawdinskaya-Datcha également, mais à une cinquantaine de kilomètres plus au sud, avec les rivières Kaménouchka et Kamenka, puis la Niasma qui les réunit et qui coule sur le versant asiatique.

5. *Les gisements de l'Iss.* Ils sont au nombre de deux et si-

tués sur la Schouwalowskaya-Datcha. Le premier, celui du nord, s'appelle Wéressowy-Ouwal ; il a alimenté en platine les rivières Maloï et Balchoï Pokap, Malaïa et Balchaïa Prostokischenka, Béresowka, ainsi que de nombreux petits ruisselets encaissés ou « lojoks », qui sont des tributaires de celles-ci. Le second, celui du sud, s'appelle Swetli-bor ; il a fourni le platine des alluvions de la rivière Kossia et d'une série de « lojoks », affluents de celle-ci ou de l'Iss. Cette dernière traverse d'ailleurs l'extrémité nord du gîte dunitique de Swetli-bor, et reçoit indifféremment toutes les rivières platinifères qui proviennent des deux centres dunitiques indiqués. La rivière Iss qui est platinifère sur toute sa longueur du point où elle pénètre dans la dunite jusqu'à son embouchure, est un affluent de la Toura et coule sur le versant asiatique ; c'est la plus grosse rivière platinifère de l'Oural.

Les gisements de l'Iss ont été excellemment cartographiés par M. Wyssotsky.

6. *Le gisement de Taguil.* C'est le plus considérable de tous les gisements dunitiques primaires ; il est situé sur la Taguilskaya-Datcha, sensiblement au sud des précédents. Les rivières platinifères qui proviennent de ce centre sont : Martian, Wissym, et Sissym, affluents de la rivière Outka, qui toutes coulent sur le versant européen de l'Oural ; la rivière Tschauch qui coule sur le versant asiatique et se jette dans le lac de Tschernoistotschnik, ainsi que d'innombrables « lojoks » affluents de ces différentes rivières.

7. *Le gisement de l'Omoutnaïa* le plus au sud de tous, et aussi l'un des plus petits, dans la Sysserskaya-Datcha au sud d'Ekaterineburg, avec la rivière Omoutanïa et plusieurs petits « lojoks » qui en sont affluents, ou qui se perdent dans des marécages.

Dans l'Oural septentrional, il existe une longue chaîne de dunites et de hartz burgites serpentinisées qui forme la montagne du Krebet Salatim et les crêtes qui lui font suite vers le sud sur plus de 30 kilomètres, mais les recherches que j'ai faites dans cette région ont montré que cette dunite n'était pas platinifère.

La disposition qu'affecte ces divers gisements dunitiques est d'une grande uniformité, et peut se résumer ainsi :

1) Au centre, un affleurement plus ou moins considérable et vaguement elliptique, formé par la dunite massive. Le grand axe de cette ellipse est généralement plus ou moins orienté N. S. et coïncide avec la direction des chaînes de l'Oural.

2) Autour de cette dunite une ceinture plus ou moins développée de pyroxénites, accompagnées de roches mélanocrates qui s'y rattachent.

3) Une zone périphérique de roches feldspathiques plus leucocrates, désignées communément sous le nom de gabbros, gabbros-diorites, diorites, etc.

Ces différentes formations sont développées à des degrés divers suivant le gîte primaire considéré; l'examen de leurs relations réciproques montre qu'il y a *emboîtement des unes dans les autres*, en tout cas de la dunite dans les pyroxénites; on trouve en effet des chapeaux sans racines en profondeur de celles-ci à l'intérieur des affleurements dunitiques. La fig. n° 1 qui représente la carte géologique du gisement de Taguil si parfaitement cartographié par M. Wyssotsky, et qui peut être considéré comme un prototype du genre, reproduit la disposition indiquée.

En général, *la dunite* est toujours décomposée et rubéfiée superficiellement; cette décomposition est souvent assez profonde; la roche se délite alors et s'effrite comme un grès ferrugineux. Lorsque l'altitude des montagnes dunitiques dépasse celle de la limite de végétation, leur couleur rougeâtre, due à la décomposition indiquée, les signale de loin déjà à l'observateur. La topographie des ouwals dunitiques est d'ailleurs très caractéristique et uniforme également, ce sont généralement des crêtes mamelonnées, sans sommets acérés, qui, d'habitude, sont couvertes par la forêt de pins. Sur le terrain, dans les facies très altérés, la dunite se distingue toujours des véritables serpentines dont la patine est toute différente, qui sont beaucoup plus dures, et qui s'érodent d'une toute autre façon.

La ceinture pyroxénitique affecte des formes variables, elle est parfois très épaisse et continue, d'autrefois relativement mince et fréquemment interrompue, la dunite entre alors en contact immédiat avec les roches gabbroïques de la deuxième ceinture leucocrate, ou même avec les schistes cristallins. Cette

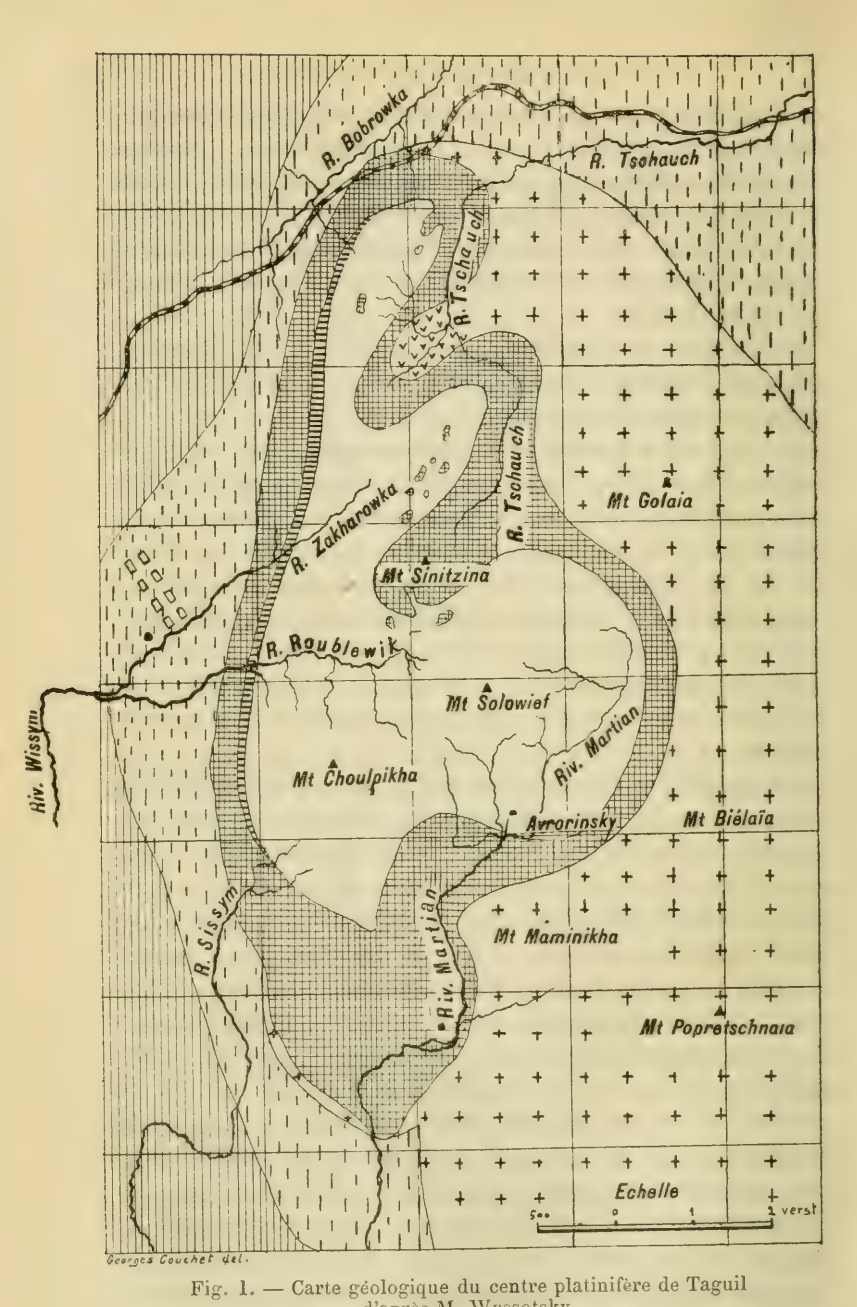


Fig. 1. — Carte géologique du centre platinifère de Taguil d'après M. Wyssotsky.

Dunite
Pyroxénites
Tilaïtes
Serpentines
Gabbros, diorites, etc.
Schistes dynamo-métam.
Schistes cristallins

seconde ceinture est également très variable comme importance et comme composition.

Il est à remarquer que lorsque le gisement dunitique se trouve en relation avec un grand massif de roches basiques, de pyroxénites notamment, *il ne perce presque jamais au milieu de celui-ci, mais se trouve d'habitude sur les bords.* C'est le cas, par exemple, pour les deux gîtes du Koswinsky, qui sont situés sur les deux flancs de l'énorme massif de pyroxénites qui constitue cette montagne; c'est également le cas pour les deux centres de l'Iss, qui sont situés sur la bordure occidentale du grand massif du Katchkanar.

Comme nous allons le voir, le caractère pétrographique des roches que l'on rencontre dans les gîtes dunitiques primaires est d'une grande conformité.

La Dunite

Quand elle est fraîche, cette roche est de couleur verte, finement grenue, compacte et très cristalline. Elle renferme de nombreux petits octoèdres brillants de chromite. Au microscope, on y voit exclusivement des grains idiomorphes et arrondis de péridot, qui empâtent çà et là quelques grains de chromite.

L'olivine a des propriétés optiques assez constantes, qui sont :

$ng - np = 0{,}0353 \quad ng - nm = 0{,}0188 \quad nm - np = 0{,}0165$

$ng = 1.6896 \quad nm = 1.6708 \quad np = 1.6543 \quad 2V = 83 \text{ à } 87 \quad \rho < \nu$

Les variations qu'on observe dans les biréfringences, les indices, et la valeur de 2V sont relativement faibles. L'olivine subit presque toujours un commencement de serpentinisation, qui peut d'ailleurs aller fort loin, de sorte que ce minéral est réduit à quelques rares petits noyaux isolés dans les mailles de l'antigorite.

Les analyses d'une trentaine de dunites provenant des divers gisements de l'Oural, faites avec M. Piña, assistant au laboratoire de chimie analytique, ont montré que, si l'on fait abstraction de l'eau et de l'oxydation du FeO en Fe_2O_3 qui proviennent de la serpentinisation, la composition chimique de la dunite est pour ainsi dire invariable dans un même gisement et dans des gisements différents. Si d'autre part on diminue de ces analyses le Cr_2O_3 dosé comme chromite, et si on ramène l'ana-

lyse à 100 parties, après défalcation de l'eau et réduction du Fe_2O_3 en FeO, on obtient la composition de l'olivine. Or sur tous les échantillons analysés celle-ci varie très peu, et oscille généralement entre $Fe_2SiO_4 + 8Mg_2SiO_4$ et $Fe_2SiO_4 + 11Mg_2SiO_4$.

Les quelques analyses ci-dessous montrent la composition chimique de la dunite :

I = Dunite du Koswinsky (gîte primaire de Kitlim).
II = » du Tilaï Kanjakowsky (gisement de Jow).
III = » de Taguil. Alexandrowsky-log.
IV = » de Swetli-bor (gisement de l'Iss).
V = » de Kaménouchky.

	I	II	III	IV	V
SiO_2 .. =	38.06	37.91	34.66	35.96	36.87
Al_2O_3 . =	0.31	—	0.39	0.82	0.56
Cr_2O_3 . =	1.39	1.18	0.44	1.20	0.90
Fe_2O_3 . =	6.72	0.95	5.49	5.98	5.75
FeO .. =	5.29	9.21	1.42	2.68	3.00
MgO .. =	39.91	47.87	44.02	46.21	45.21
H_2O .. =	8.35	3.95	13.37	7.86	8.24
	100.03	101.07	99.79	100.71	100.03

Les Pyroxénites

Ces roches, très uniformes également, sont formées par l'association du pyroxène à l'olivine et à la magnétite. Elles présentent deux types différents, appelés koswite et pyroxénites franches, qui passent d'ailleurs l'un et l'autre avec une grande facilité. Les minéraux constitutifs, soit les pyroxènes et l'olivine, sont assez peu variables. Les pyroxènes sont d'un type un peu spécial, leurs propriétés optiques oscillent entre les limites suivantes :

$$ng = 1.7176 \text{ à } 1.7074 \quad nm = 1.6975 \text{ à } 1.6865 \quad np = 1.6923 \text{ à } 1.6800$$

$$ng - np = 0{,}028 \text{ à } 0{,}023 \quad ng - nm = 0{,}0198 \text{ à } 0{,}022$$

$$nm - np = 0{,}005 \text{ à } 0{,}007.$$

2V. varie de 54° à 59 avec la bissectrice aiguë ng.

Quant à l'extinction sur (010), elle est comprise entre 39° et 43° $\rho > \nu$.

L'olivine est analogue à celle de la dunite.

Les pyroxénites sont toujours largement cristallisées, les va-

riétés koswites sont d'habitude plus finement grenues que les pyroxénites franches, elles sont aussi plus riches en olivine. Chez les koswites, l'olivine est idiomorphe de même que le pyroxène, qui peut cependant la mouler par places; ces deux minéraux sont réunis par un ciment formé par la magnétite (structure sidéronitique). Celle-ci renferme fréquemment des gros grains de spinelle vert. Une hornblende pâle et polychroïque accompagne accessoirement le pyroxène, elle frange souvent les plages de magnétite.

Les pyroxénites franches se distinguent des koswites par la diminution de l'olivine et la régression de la magnétite qui ne forme plus ciment, mais se trouve en grains isolés parmi les pyroxènes.

Les analyses des koswites et des pyroxénites des divers gites platinifères primaires montrent une grande uniformité de composition. Les pyroxénites franches sont presque identiques, les koswites ne varient guère que par la proportion plus ou moins grande des oxydes de fer due à la magnétite. A titre d'exemple je donnerai quelques-unes de ces analyses.

I = Koswite Schoulpikha Taguil.
II = » Katchkanar. Iss.
III = » Koswinsky-Kamen.
IV = Pyroxénite Wéressowy-Ouwal. Iss.
V = » gisement de Kaménouchky.
VI = » gisement de Tilaï-Kanjakowsky.

	I	II	III	IV	V	VI
SiO_2 ...	43.71	40.56	40.43	52.29	49.34	49.15
TiO_2 ...	0.57	0.33	—	0.29	1.04	—
Al_2O_3 ..	3.78	4.54	5.72	1.56	3.53	2.35
Fe_2O_3 ..	4.28	13.65	11.25	0.25	0.91	1.58
FeO ...	9.70	8.77	10.31	4.53	6.91	4.19
MnO ...	0.02	0.01	—	0.03	0.03	—
CaO ...	17.45	19.06	18.23	23.52	20.15	20.36
MgO ...	20.18	13.07	14.06	16.46	18.83	20.60
Na_2O ..	0.34	0.25	—	0.11	0.17	—
K_2O ...	0.18	0.09	—	0.04	0.09	—
H_2O ...	0.40	1.04	—	1.18	0.58	0.85
	100.61	101.38	100.00	100.26	101.58	99.08

Les tilaïtes et gabbros a olivine

Ces roches jouent d'habitude un rôle subordonné aux pyroxénites; elles en représentent des passages latéraux souvent tout à fait locaux. Il existe cependant des exceptions à cette règle, au Tilaï notamment, ces roches acquièrent un grand développement. On les voit souvent aussi développées dans les massifs basiques importants immédiatement voisins des centres platinifères. Comme composition minéralogique, elles renferment du pyroxène monoclinique dominant, souvent un peu de pyroxène rhombique, de l'olivine, parfois un peu de hornblende pâle et de mica rouge, puis des feldspaths qui sont d'habitude mâclés selon la loi de la péricline seulement. La structure de ces roches, qui sont toujours très mélanocrates, est typique; je l'ai appelée « cryptique ». Les éléments fémiques forment en effet un canevas holocristallin qui isole des cryptes plus ou moins irrégulières dans lesquelles le feldspath a cristallisé. Ce dernier est généralement du labrador ou de l'anorthite. Souvent, dans les tilaïtes, le pyroxène se développe porphyriquement, il est alors criblé d'inclusions lamellaires. L'augmentation du feldspath fait passer la roche au type des gabbros mélanocrates à olivine.

Les analyses des tilaïtes et des gabbros à olivine montrent que ces roches sont proches parents des pyroxénites et très uniformes également.

Le n° I est une tilaïte du Katchkanar (gisement de l'Iss).

Le n° II est la tilaïte type du Tilaï-Kamen (moyenne de six analyses d'amenée à 100).

	I	II	III	IV
SiO_2	41.04	45.43	47.67	40.30
TiO_2	0.84	—	0.59	—
Al_2O_3	9.04	9.44	11.43	17.14
Fe_2O_3	7.81	4.86	0.16	8.53
FeO	9.99	7.87	8.90	6.90
MnO.....	—	—	—	0.65
CaO.....	17.08	15.08	12.48	16.40
MgO	11.99	16.10	14.81	7.92
Na_2O.....	0.47	1.01	1.01	1.49
K_2O.....	0.09	0.21	0.52	0.66
H_2O.....	3.05	—	2.22	0.46
	101.40	100.00	99.86	100.45

Le n° III est un gabbro à olivine mélanocrate du gisement de Taguil.

Le n° IV est également un gabbro à olivine provenant du Tilaï-Kanjakowsky.

Les gabbros et les gabbros-diorites

Ce sont des roches qui, sur le terrain, présentent un aspect très varié, mais qui sont caractérisées par la présence presque constante de l'amphibole, laquelle provient ici du pyroxène. Certains types sont largement cristallisés, massifs, et forment de superbes roches dioritiques; d'autres, au contraire, sont schisteux et rappellent les amphibolites feldspathiques, ils présentent alors des zones qui alternent plus ou moins irrégulièrement et sur lesquelles le grain ainsi que la proportion des éléments saliques et fémiques associés varient. Chez les *gabbros-diorites très frais et massifs* (type du Cérébriansky, par exemple), la roche est formée par une association grenue et largement cristallisée de pyroxène, partiellement ou complètement transformé en une belle hornblende verte, très polychoïque, de plagioclase appartenant à la série des labradors basiques, et d'un peu de magnétite. L'olivine fait défaut, par contre le pyroxène rhombique apparaît dans certaines variétés. Les propriétés de cette hornblende sont alors :

$ng = 1.685$ à 1.689 $nm = 1.6976$ à 1.680 $np = 1.665$ à 1.655

$ng - np = 0{,}021$ à $0{,}023$ $ng - nm = 0{,}009$ à $0{,}008$

$nm - np = 0{,}013$ à $0{,}015$

L'angle 2V oscille entre 70 et 76 , celui d'extinction sur $g^1 = (010)$ entre 15 et 22°.

Le polychroïsme est : ng = vert foncé, nm = verdâtre, np = brun jaunâtre pâle.

Le pyroxène a sensiblement les propriétés de celui des pyroxénites.

Chez certains *types dioritiques* où tout le pyroxène a disparu (diorite de la montagne de Biélaïa, Taguil) ce minéral est remplacé par des cristaux de hornblende qui, au microscope, se résolvent en agrégats d'individus optiquement diversement orientés : le feldspath est alors souvent entièrement décomposé et remplacé par des amas kaoliniques. Chez les *gabbros saussuri-*

tisés (Taguil), l'amphibole affecte les mêmes caractères, mais le pyroxène en débris existe encore. La hornblende est, comme dans le cas précédent, généralement peu colorée et distincte de celle des types du Cérebriansky. Les feldspaths sont remplacés par une masse kaolinique opaque, imprégnée de zoïsite et d'épidote. Chez les *gabbros-diorites schisteux*, la hornblende en petits grains raccourcis est réunie par des produits kaoliniques, reste d'un feldspath disparu. Des zones riches en hornblende alternent avec d'autres très feldspathiques, mais dans lesquelles les plagioclases sont également totalement koalinisés.

Au point de vue chimique, malgré la grande variété d'aspect qu'elles présentent, ces roches sont encore très uniformes et ne se distinguent guère les unes des autres que par des faibles différences dans la basicité, ce que l'on peut voir dans les analyses ci-dessous.

Le n° I est un gabbros saussuritisé de Popretschnaïa, Taguil.

Le n° II est la diorite de la montagne de Biélaïa.

Le n° III est un gabbro-diorite du flanc oriental de Wéressowg-Ouwal, Iss.

Le n° IV est une roche identique de la montagne de Maminikha Taguil.

Le n° V est un gabbro-diorite de Swetli-Bor, Iss.

	I	II	III	IV	V
SiO_2 ... =	47.54	47.00	47.39	46.68	48.70
TiO_2 ... =	0.91	0.98	0.62	1.77	0.81
Al_2O_3 .. =	20.56	19.42	17.30	15.32	16.27
Fe_2O_3 .. =	2.56	1.17	2.85	1.06	2.00
FeO ... =	7.74	10.20	8.75	10.00	9.27
MnO... =	0.05	0.08	—	0.04	—
CaO ... =	12.10	10.35	10.37	10.86	10.06
MgO ... =	3.25	4.71	5.97	9.25	6.68
Na_2O .. =	3.29	3.14	2.63	2.80	3.15
K_2O ... =	0.79	0.96	1.84	0.24	0.54
H_2O ... =	2.50	1.58	3.05	2.06	2.91
	101.29	99.59	100.77	100.08	100.39

Les roches filoniennes des gisements platinifères

Sur presque tous les gisements dunitiques primaires on observe de nombreux filons de roches variées, qui traversent soit la dunite, soit les pyroxénites, soit indifféremment les deux roches. Ces filons sont parfois tellement abondants que les cailloux des alluvions de certains petits « lojoks » platinifères en sont presque exclusivement formés. Au point de vue pétrographique, ils présentent deux types qui se rencontrent simultanément et qui représentent deux antipodes en quelque sorte ; l'un est mélanocrate, l'autre leucocrate. Le type mésocrate intermédiaire est rare. Les différentes variétés pétrographiques que j'ai rencontrées à ce jour sont les suivantes :

Dans le type mélanocrate:

1. **Les dunites filoniennes.** — Celles-ci présentent deux variétés différentes : L'une est identique comme composition minéralogique et chimique à la dunite massive dont elle ne saurait être distinguée. L'autre, que j'appelle sidéronitique, est tout à fait différente: l'olivine en grains idiomorphes y est cimentée par de la magnétite abondante, et la structure de la roche est alors l'analogue de celle de la koswite ; la chromite fait défaut. Les dunites filoniennes ont exclusivement été rencontrées dans les pyroxénites et les tilaïtes.

2. **Les wehrlites filoniennes.** — Ces roches, en filons toujours très minces, sont formées par un mélange panidiomorphe grenu de magnétite, de pyroxène, d'olivine et de hornblende.

3. **Les garéwaïtes.** — Ces roches, qui paraissent être très rares, présentent la structure holocristalline porphyrique. Elles sont formées par des phénocristaux de pyroxène disposés dans une pâte microgrenue, constituée par de l'olivine prédominante, très peu de pyroxène, de la chromite, de la magnétite et des plagioclases basiques. Elles ont été jusqu'ici rencontrées seulement dans les tilaïtes.

4. **Les berbachites à olivine.** — Ce sont des roches à structure holocristalline, qui sont panidiomorphes grenues, formées

par de la magnétite, de l'olivine, du pyroxène monoclinique, un peu d'hypersthène, parfois de la biotite, de la hornblende, puis du labrador basique. Certaines variétés, par la tendance qu'a l'olivine à se développer plus que les autres éléments, passent à des types qui présentent la structure holocristalline porphyrique. Ces roches ont été rencontrées duns les tilaïtes.

5. **Les issites.** — Ces roches sont formées essentiellement par une hornblende très colorée, réunie à plus ou moins de pyroxène monoclinique vert-pâle et légèrement polychroïque, et à de l'apatite. Certaines variétés renferment une petite quantité de labrador basique. La structure est grenue et holocristalline. Elles ont été rencontrées principalement dans la dunite; on les connaît cependant également dans les pyroxénites.

6. **Les diorites filoniennes anorthiques.** — Ce sont des issites plus riches en feldspaths et de même structure panidismorphe grenue. Elles ont été rencontrées indifféremment dans les dunites et les pyroxénites et sont très communes.

7. **Les microgabbros.** — Ces roches sont à deux temps de consolidation ; le premier comporte des phénocristaux de pyroxène, d'olivine de magnétite et de mica rouge brun ; le second une pâte holocristalline et microgrenue, formée par la réunion d'individus isométriques de pyroxène de magnétite et de labrador basique. Cette roche a été rencontrée jusqu'ici dans les Tilaites seulement.

Les analyses de ces différentes roches filoniennes sont données dans le tableau suivant :

I = Dunite filonienne du Koswinsky.
II = Dunite sidéronitique du Koswinsky.
III = Wehrlite filonienne du Koswinsky.
IV = Garéwaïte filonienne du Tilaï-Kamen.
V = Berbachite à olivine du Tilaï-Kamen.
VI = Issite filonienne de Swetli-bor. Iss.
VII = Issite à plagioclases du Koswinsky.
VIII = Issite à plagioclases de Swetli-bor.
IX = Issite à plagioclases de Kaménouchky.
X = Microgabbro du Koswinsky (Pharkowsky-ouwal).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SiO_2 ..	36.85	31.84	44.94	42.84	46.93	33.00	40.30	41.97	47.48	40.56
TiO_2 ..	—	—	—	—	—	1.25	—	1.06	0.79	—
Al_2O_3*[1]	1.53*	1.37*	5.60*	6.64*	11.83	14.56	17.97	16.60	12.00	12.33
Fe_2O_3 .	5.60	15.63	4.64	5.69	7.58	9.20	6.35	3.28	4.86	6.02
FeO...	6.65	14.25	6.75	8.48	6.03	12.39	10.28	11.23	8.73	7.09
MnO..	—	—	—	—	—	0.04	—	—	—	—
CaO...	—	0.91	14.70	11.41	13.26	15.70	13.85	12.65	11.03	13.18
MnO..	43.20	33.10	23.16	24.60	12.28	9.86	8.23	7.02	9.89	12.49
Na_2O..	—	—	—	0.61	3.12	1.39	2.48	2.55	2.32	1.75
K_2O...	—	—	—	0.42	0.44	0.96	0.26	1.18	0.48	0.24
H_2O...	6.53	2.49	1.44	1.80	0.92	1.52	0.92	2.60	2.16	0.54
	100.36	99.59	101.23	102.49	102.09	99.87	100.64	100.14	99.74	100.20

Dans le type leucocrate les roches les plus communément observées sont :

1. **Les albitites.** — Ce sont des roches grisâtres, en filonnets très minces, qui sont formées exclusivement par de l'albite, réunie à quelques grains de sphène et à des plages chloriteuses provenant d'un élément noir décomposé. Ces roches qui paraissent rares, n'ont été rencontrées qu'une fois et dans la dunite seulement.

2 **Les granulites filoniennes à plagioclases.** — Ces roches à structure panidiomorphe finement grenue, renferment de la biotite, un peu de zircon, des plagioclases acides de la série des andésine et du quartz assez abondant. Elles n'ont été rencontrées qu'une seule fois également, en filons excessivement minces dans le dunite.

3. **Les plagiaplites.** — Ces roches sont blanches, absolument feldspathiques, de grain parfois assez grossier, et d'aspect assez variable. Certaines d'entre elles sont saccharoïdes et friables, d'autres compactes, dures et d'aspect porcelainé. Souvent il n'existe pas trace d'élément noir visible à l'œil nu, d'autrefois on observe ça et là un prisme de hornblende. Au microscope elles sont principalement formées de plagioclases parfois zonés, qui vont des oligoclases acides jusqu'aux andésines basiques ; elles renferment souvent aussi un peu de quartz. La structure est grenue miarolitique. Le quartz remplit

[1] Al_2O_3 astériqué est la somme de $Al_2O_3+Cr_2O_3$.

les vides laissés entre les cristaux de plagioclase, quand il manque, ces derniers se touchent directement.

Ces plagiaplites se rencontrent de préférence dans les pyroxénites, elles se trouvent cependant aussi dans la dunite.

Les analyses de ces différentes roches sont données dans le tableau suivant :

I = Albitite filonienne du Koswinsky (ramenée à 100).
II = Granulite filonienne à plagioclases.
III = Plagiaplite du Koswinsky (moyenne de 4 analyses ramenée à 100).
IV = Plagiaplite de Kaménouchky.

	I	II	III	IV
SiO_2 .. =	67.07	70.95	59.48	60.80
TiO_2 .. =	0.23	—	—	—
Al_2O_3 . =	18.85	14.29	24.10	24.06
Fe_2O_3 . =	0.91	1.19	0.66	0.48
FeO .. =	—	—	—	0.39
CaO .. =	1.09	2.19	8.21	5.78
MgO .. =	1.53	4.20	0.39	0.21
Na_2O .. =	10.84	0.77	6.67	7.64
K_2O .. =	0.48	5.20	0.49	0.33
H_2O ... =	—	2.27	—	0.45
	100.00	101.06	100.00	100.08

Dans le type mésocrate :

1. **Les gladkaïtes.** — Ces roches ont été rencontrées en filons dans la dunite. Elles sont finement grenues et paraissent à l'œil nu formées d'éléments blanc et noir en parties à peu près égales. Au microscope elles renferment : de la hornblende verte, très polychroïque, qui s'éteint à 22° sur (010) et présente un angle 2V relativement petit. $Ng-Np=0,020$ $Ng-Nm=0,003$ $Nm-Np=0,0156$; de la biotite brun-rouge, du mica blanc, des plagioclases allant des oligoclases acides jusqu'à l'andésine Ab_5-An_3 et enfin beaucoup de quartz. On y trouve également un peu de magnétite et d'apatite, puis beaucoup d'épidote. La structure est panidiomorphe grenue.

2. **Les diorites-pegmatites.** — Ces superbes roches paraissent assez banales ; elles se rencontrent en effet sur plusieurs gisements, et traversent indifféremment les dunites ou les pyro-

xénites, souvent les deux. Elles sont formées par d'énormes cristaux de hornblende (qui mesurent jusqu'à 0,60 m.) associés à des feldspaths gigantesques également, dont le noyau est fréquemment basique (labrador) et la bordure plus acide (andésine). Ces roches renferment presque toujours de l'apatite et du sphène ; elles forment des filons assez puissants.

Les analyses de ces roches sont données ci-dessous.

I = Gladkaïte de Gladkaïa-Sopka, Travianka.
II = Diorit-pegmatite Tilaï-Kamen, Jow.

	I	II
SiO_2 .. =	62.20	45.86
Al_2O_3 . =	19.63	21.93
Fe_2O_3 . =	1.13	3.82
FeO .. =	3.93	5.54
CaO .. =	6.64	12.98
MgO .. =	1.51	5.14
Na_2O.. =	4.54	2.21
K_2O... =	1.06	0.43
H_2O .. =	0.86	2.16
	101.50	100.07

CONCLUSIONS RELATIVES A L'ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DES GITES PRIMAIRES

Ces conclusions se dégagent d'une façon fort nette lorsque l'on interprète les analyses ci-dessus indiquées par la méthode d'Osann, et que l'on reporte les valeurs obtenues sur le triangle de Becke. On voit que, pour chaque type pétrographique, les points représentatifs coïncident ou sont très voisins pour des échantillons qui proviennent des divers gisements platinifères. Si en effet on prend les valeurs de *a*, *c* et *f* telles qu'elles sont obtenues, et si l'on ne considère que la partie supérieure du triangle, pour éviter une réduction de la figure qui entraînerait la coïncidence d'un grand nombre des points, on voit que, par exemple, les points représentatifs des pyroxénites des gisements de l'Iss, de Taguil, du Koswinsky, du Kaménouchky, etc., sont tellement voisins, qu'ils empiètent les uns sur les autres. Il en est de même pour les koswites malgré les grandes variations dans la quantité de magnétite qu'elles renferment. L'individualité des koswites subsiste d'ailleurs pleinement ainsi que

celle des tilaïtes, dont l'analogie avec les pyroxénites saute cependant à l'œil du premier coup (fig. 2).

Les gabbros, gabbros-diorites, gabbros saussuritisés, etc., forment également une série très homogène dont les points représentatifs sont disposés dans des régions plus ou moins voisines, selon que la variété est plus ou moins leucocrate ou

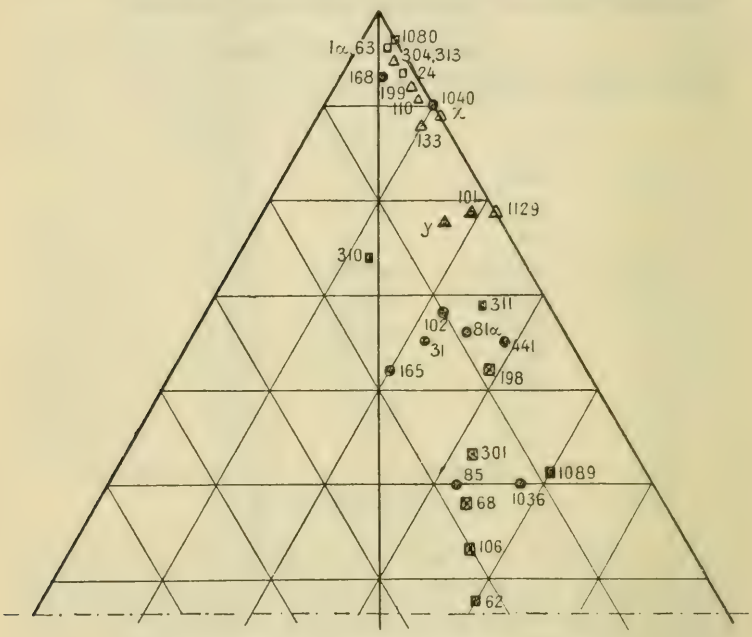


Fig. 2. — Partie supérieure du triangle de Becke.

△ Koswite	□ Pyroxénite
▲ Tilaïte	■ Gabbro à olivine mélanocrate
⊠ Gabbro-diorite	● Filons mélanocrates
◐ Filon mésocrate	○ Filons leucocrates

mélanocrate. On peut voir également que les types correspondants de Taguil, de l'Iss, du Koswinsky, etc., tombent sensiblement dans la même région du triangle.

Pour toutes les roches profondes, les points représentatifs restent d'ailleurs dans le secteur supérieur de droite, et s'y échelonnent tout-à-fait régulierement fig. 3. La consanguinité des différents termes de cette nombreuse série pétrographique est

manifeste, et il est aisé de se convaincre que sur *tous les gîtes platinifères primaires, les divers types rencontrés sont les produits similaires de la différenciation d'un seul et même magma.*

Les roches filonniennes elles-mêmes sont, abstraction faite de certaines variétés considérées comme rares, d'une grande uniformité. Les issites et les plagiaplites représentent les deux

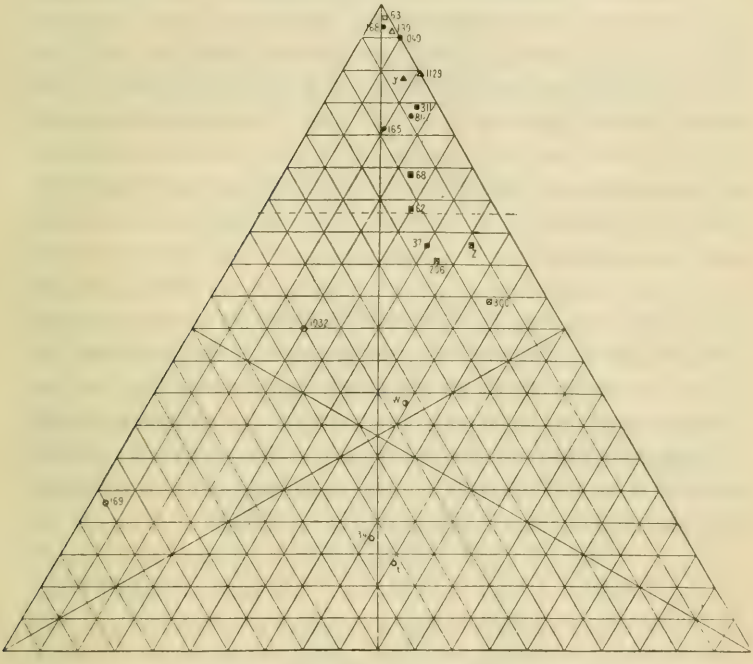


Fig. 3. — Triangle de Becke. Même légende que la fig. 2. Les numéros figurés sont ceux originaux des échantillons analysés.

types mélanocrates et leucocrates les plus répandus, ceux que je qualifierai de normaux en quelque sorte ; or ceux-ci constituent sensiblement deux antipodes, comme on peut le voir par la position qu'occupent sur le triangle de Becke leurs points figuratifs. Les issites avec ou sans plagioclases se rattachent par leur position sur le triangle plus ou moins aux tilaïtes et gabbros à olivine, tandis que les wehrlites garewaïtes et autres roches basiques analogues se rapprochent plutôt du magma pyroxénitique. Si l'on tient compte des compositions minéralogiques

de ces différentes roches qui n'ont souvent aucune analogie (les issites rappellent en effet beaucoup les jacupirangites, tandis que les tilaïtes sont des roches avec pyroxène dominant toujours accompagné d'olivine) on constate une fois de plus que, *suivant les conditions qui ont présidé à la cristallisation, un même magma peut donner des produits sensiblement différents.*

L'uniformité des filons leucocrates représentés par les plagiaplites n'est pas moins grande ; les faibles variations observées dans leur composition chimique ne portent guère que sur l'acidité et proviennent exclusivement de la présence d'une plus ou moins grande quantité de quartz libre. Deux types cependant peuvent être considérés comme anormaux ; ce sont les albitites et les granulites à plagioclases qui traversent en veinules très minces la dunite du Koswinsky (gîte de Kitlim). Ces roches sont caractérisées par leur acidité et aussi par leur richesse en alcalis. Or M. Lacroix a déjà démontré que des roches basiques qui, à l'analyse, sont très pauvres en soude et en potasse ou qui même n'en renferment pas, développent à leur contact des minéraux alcalifères borés et fluorés. Les alcalis n'ont donc pas été fixés par le magma mais constituent en quelque sorte une exsudation mise en liberté avec les dissolvants et les minéralisateurs. C'est vraisemblablement à une exsudation analogue que sont dus les filonnets mentionnés ci-dessus.

(A suivre)

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1910

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

I. Introduction

L'année 1910 a été une année exceptionnellement pluvieuse : l'année météorologique en particulier a fourni un total de pluie supérieur pour *Genève* à ceux des autres années du XXme siècle et de toutes celles du XIXme. Il faut remonter jusqu'à 1799 pour trouver une quantité de pluie plus grande. A d'autres égards encore, l'année 1910 a présenté des particularités intéressantes qui ressortiront des chiffres de ce résumé.

Il n'y a, pour cette année, à signaler aucun changement, ni dans la publication des tableaux météorologiques mensuels, ni dans celle du résumé annuel. Tous les tableaux de celui-ci contiennent *treize* mois, de décembre 1909 à décembre 1910, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à l'*année météorologique* et à l'*année civile*. Seul, le tableau V, fournissant les températures de cinq en cinq jours à Genève, n'est établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans ceux qui l'ont précédé. Après quelques indications de portée générale, les différents éléments météorologiques sont passés en revue dans l'ordre accoutumé : *température, pression atmosphérique, humidité de l'air, vents, pluie* et *neige, nébulosité* et *durée d'insolation* à Genève.

A l'*observatoire de Genève*, les observations météorologiques directes se font toujours de trois en trois heures, à partir de 7 h. du matin et jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et à 4 h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments-là reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation supplémentaire de 9 h. du soir a été utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour obtenir des moyennes spéciales de la température qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard*, où les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là depuis 1902, comme dans toutes les autres stations de la Suisse.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntées, pour *Genève,* aux « Nouvelles études sur le climat de Genève », d'Émile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites jusqu'en 1875. Pour le *Grand St-Bernard,* les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées aussi par Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont, comme les années précédentes, établis chaque mois à l'observatoire par les soins de M. Émile Schær, astronome-adjoint; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. H. Duaime.

Les observations ont toutes été faites à l'HEURE LOCALE, seule indiquée. Pour la transformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux instants des observations de Genève et 30 minutes à celles du Grand Saint-Bernard.

II. Température

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans dix tableaux de chiffres groupés sous cinq rubriques différentes:

1° *Moyennes générales de la température. — Écarts.*

Le *tableau I* fournit, pour *Genève*, toutes les valeurs moyennes des températures, de trois en trois heures à partir de 1 h.

I. Température. GENÈVE, 1910

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1909.	+ 4.09	+ 3.73	+ 3.45	+ 4.17	+ 5.40	+ 4.61	+ 4.26	+ 4.03	+ 4.22	+ 1.59	+ 7.28
Janv. 1910	1.55	0.97	0.84	1.76	3.42	3.25	2.50	1.94	2.01	- 0.93	4.93
Février . .	2.36	1.76	1.70	3.73	5.51	5.27	3.95	3.02	3.42	+ 0.22	6.97
Mars . . .	3.18	2.32	2.23	5.40	7.65	8.37	6.54	4.73	5.05	1.36	9.45
Avril . . .	5.71	4.72	6.06	9.29	11.15	11.29	9.51	7.61	8.17	4.16	13.52
Mai	9.18	7.88	9.65	12.61	14.76	15.34	13.40	11.35	11.77	7.35	17.21
Juin. . . .	14.15	13.06	15.47	18.47	20.52	19.80	18.23	15.77	16.93	12.43	22.87
Juillet. . .	13.91	12.95	15.04	17.86	19.86	20.38	18.66	15.65	16.79	11.97	22.46
Août . . .	14.07	13.38	15.19	18.91	21.45	21.38	19.00	16.05	17.43	12.57	23.38
Septembre	10.88	10.31	10.87	14.39	16.13	16.00	14.06	12.38	13.13	9.53	17.68
Octobre. .	9.12	8.45	8.57	11.40	13.55	13.58	11.34	9.74	10.72	7.04	15.04
Novembre	3.86	3.44	3.18	5.00	6.53	5.68	4.62	4.24	4.57	1.04	8.33
Décembre.	3.29	3.02	2.92	3.81	5.53	4.89	3.99	3.41	3.86	1 22	6.60
Hiver . . .	2.61	2.17	2.01	3.20	4.76	4.35	3.56	3 00	3.21	0.30	6.37
Printemps	6.03	4.98	5.98	9.10	11.19	11.67	9.82	7.90	8.33	4.29	13.39
Été	14.01	13.13	15.23	18.41	20.61	20.53	18.63	15.82	17.05	12.32	22.90
Automne .	7.97	7.41	7.55	10.28	12.09	11.78	10.02	8.80	9.49	5.88	13.70
Année mét.	7.69	6.95	7.72	10.29	12.20	12.12	10.55	8.91	9.55	5.73	14.14
» civile	7.62	6.89	7.68	10.26	12.21	12.15	10.53	8.86	9.52	5.70	14.08

II. Température. GENÈVE, 1910

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Température moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Température moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
Décembre 1909	+ 3.45	+ 5.40	+ 4.09	+ 4.31	+ 4.26
Janvier 1910	0.84	3.42	2.14	2.13	2.13
Février	1.70	5.54	3.32	3.52	3.47
Mars	2.23	7.65	5.29	5.06	5.12
Avril	6.06	11.15	8.11	8.44	8.36
Mai	9.65	14.76	11.91	12.11	12.06
Juin	15.47	20.52	16.48	17.49	17.24
Juillet	15.04	19.86	16.63	17.18	17.04
Août	15.19	21.45	16.83	17.82	17.57
Septembre	10.87	16.13	12.98	13.33	13.24
Octobre	8.57	13.55	10.29	10.80	10.68
Novembre	3.18	6.53	4.48	4.73	4.67
Décembre	2.92	5.53	3.57	4.01	3.90
Hiver	2.01	4.76	3.18	3.32	3.28
Printemps	5.98	11.19	8.44	8.54	8.51
Eté	15.23	20.61	16.65	17.50	17.29
Automne	7.55	12.09	9.26	9.63	9.54
Année météorolog.	7.72	12.20	9.42	9.78	9.69
» civile	7.68	12.21	9.37	9.75	9.66

du matin, puis la *température moyenne des mois, des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyennes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du thermographe Richard, grand modèle, qui a bien fonctionné toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard* donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par le bureau central météorologique suisse : *a)* en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b)* en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi

III. — Température. SAINT-BERNARD, 1910.

PÉRIODE	7. h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Température moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Température moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1909.	- 7.64	- 6.11	- 7.26	- 7.00	- 7.07	- 9.4	- 5.3
Janv. 1910	- 8.67	- 6.50	- 8.43	- 7.87	- 8 01	-11.3	- 5 3
Février . .	-10.51	- 7.97	-10 22	- 9.57	- 9 73	-12 9	- 6.5
Mars . . .	- 8.30	- 4.65	- 7.35	- 6.77	- 6.91	- 9.7	- 3.9
Avril . . .	- 6.10	- 3 09	- 5 66	- 4.95	- 5.13	- 7.7	- 2.3
Mai. . . .	- 2.82	+ 0.57	- 2.46	- 1.57	- 1.79	- 4.5	+ 1.9
Juin . . .	+ 3.01	6.22	+ 3.03	+ 4.09	+ 3.82	+ 1.6	7.5
Juillet. . .	3.17	6.75	3.92	4.61	4.44	1.6	8 0
Août . . .	4.39	8 55	5.26	6.07	5 86	+ 3.5	9.4
Septembre	+ 0.34	3.14	+ 1 14	1.54	+ 1.44	- 0.4	3.7
Octobre. .	- 0.62	+ 1.58	- 0.55	+ 0.14	- 0.03	- 1.7	+ 2.2
Novembre	- 7.85	- 6.42	- 7.92	- 7.40	- 7 53	-10.8	- 5.1
Décembre	- 7.20	- 6.21	- 7.23	- 6.88	- 6.97	- 8.7	- 5.0
Hiver. . .	- 8.89	- 6.82	- 8.58	- 8.10	- 8.22	-11.2	- 5 7
Printemps	- 5.74	- 2.38	- 5.15	- 4.42	- 4.60	- 7.3	- 1.4
Été	+ 3.53	+ 7.18	+ 4.08	+ 4.93	+ 4 72	+ 2.3	+ 8.3
Automne .	- 2.69	- 0.55	- 2.42	- 1.89	- 2.02	- 4.3	+ 0.3
Ann. mét.	- 3.42	- 0.61	- 2.99	- 2.34	- 2.50	- 5.1	+ 0.4
» civile	- 3.38	- 0 62	- 2.99	- 2.33	- 2.49	- 5.0	+ 0.4

pour la comparaison des deux stations. Le tableau III contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève* il y a deux séries d'écarts, correspondant l'une aux températures du tableau I et l'autre à celles du tableau II calculées par la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et du Grand Saint-Bernard, écarts correspondant aux températures calculées d'après cette même formule.

L'année 1909, aussi bien l'année météorologique que l'année civile, avait été froide à Genève, comme au St-Bernard. Toutes les saisons avaient des températures inférieures à la normale, mais surtout l'hiver et l'été.

En 1910, les circonstances sont à peu près les mêmes pour les trois dernières saisons, toutes trop froides, à Genève comme

IV. Écarts avec les températures normales, 1910

PÉRIODE	Genève		Grand St-Bernard	Différence entre les deux stations
	Moyenne des 8 obs.	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	
	°	°	°	°
Décembre 1909..	+ 3.42	+ 3.46	+ 0.52	+ 2.94
Janvier 1910....	+ 2.09	+ 2.21	+ 1.03	+ 1.18
Février.....	+ 1.82	+ 1.87	− 1.12	+ 2.99
Mars.....	+ 0.45	+ 0.52	+ 0.41	+ 0.11
Avril.....	− 0.80	− 0.61	− 1.86	+ 1.25
Mai.....	− 1.43	− 1.14	− 2.30	+ 1.16
Juin.....	+ 0.12	+ 0.43	− 0.27	+ 0.70
Juillet.....	− 2.02	− 1.77	− 1.72	− 0.05
Août.....	− 0.48	− 0.34	− 0.12	− 0.22
Septembre.....	− 1.53	− 1.42	− 1.88	+ 0.46
Octobre.....	+ 0.84	+ 0.80	+ 0.45	+ 0.35
Novembre.....	+ 0.02	+ 0.12	− 2.23	+ 2.35
Décembre.....	+ 3.06	+ 3.10	+ 0.62	+ 2.48
Hiver.....	+ 2.46	+ 2.53	+ 0.18	+ 2.35
Printemps.....	− 0.59	− 0.41	− 1.24	+ 0.83
Eté.....	− 0.80	− 0.56	− 0.70	+ 0.14
Automne.....	− 0.21	− 0.16	− 1.20	+ 1.04
Année météorol.	+ 0.20	+ 0.34	− 0.74	+ 1.08
» civile....	+ 0.17	+ 0.31	− 0.73	+ 1.04

au St-Bernard. Mais l'hiver est chaud, à Genève du moins. Il en résulte que l'année a une température qui dépasse un peu la moyenne, mais cela est dû uniquement à l'*hiver*, à la fois très doux et très humide. Il n'y en a pas eu de plus humide; mais il y en a eu cinq de plus chauds, ceux de 1834, 1877, 1869, 1899 et 1828. Au St-Bernard, l'hiver est beaucoup moins chaud, ce qui arrive toujours lorsque les pressions sont basses, et là, la température moyenne de l'année est presque la même qu'en 1909, donc inférieure à la moyenne.

Les *écarts* de température les plus forts sont: à *Genève*, en plus, aux deux mois de décembre 1909 et 1910, en moins, au mois de juillet; au *Grand Saint-Bernard*, en plus, en janvier, en moins, en mai et en novembre, puis en septembre, qui, comme mai a été aussi trop froid à Genève.

Le mois le plus froid a été janvier à Genève et février au Saint-Bernard. Le mois le plus chaud a été août, aux deux stations. L'amplitude annuelle, août—janvier, est seulement de

15°,42 à Genève, inférieure de trois degrés et demi à l'amplitude moyenne. Au St-Bernard, l'amplitude août—février est un peu supérieure, 15°,59 ; elle dépasse l'amplitude moyenne d'un demi-degré environ.

Il n'y a presque pas de différence, en 1910, entre l'année civile et l'année météorologique ; les deux mois de décembre sont tous deux sensiblement trop chauds. A Genève, l'année météorologique est un peu plus chaude, décembre 1809 ayant été encore plus chaud que décembre 1910 ; au St-Bernard c'est l'inverse.

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour l'*année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1910. A côté des températures figure l'*écart* avec les températures calculées d'après la formule déduite par Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé et constitue ainsi une *anomalie,* le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Des 73 pentades, 41 présentent un écart positif et 32 un écart négatif. La différence est un peu moindre, si l'on se borne aux 36 écarts qui dépassent la limite probable. On en trouve alors 19 positifs et 17 négatifs. Les écarts positifs sont plus fréquents et aussi plus forts en décembre, en janvier, en février et en octobre. Les écarts négatifs le sont surtout en septembre et à diverses époques de l'été.

La plus longue période de chaud relatif est par conséquent en décembre, elle compte sept pentades et va du 27 novembre au 31 décembre. Celle de janvier est de six pentades et celle d'octobre de cinq. La plus longue période de froid relatif est de six pentades, en septembre, du 29 août au 27 septembre. La longue série de froid, du 25 juin au 13 août, est coupée au milieu par deux pentades un peu trop chaudes, du 15 au 24 juillet.

Il n'y a pas une seule pentade à température moyenne négative. La plus froide, absolument parlant, est la 9me, du 10 au 14

V. Température de 5 en 5 jours. GENÈVE, 1910.

Date	Température moyen.	Différence avec la normale	Date	Température moyen.	Différence avec la normale
	°	°		°	°
1- 5 Janvier	+ 0.67	+0.93	30- 4 Juillet	+14.18	(-4.10)
6-10 id.	0.34	+0.66	5- 9 id.	13.39	(-5.15)
11-15 id.	2.23	(+2.53)	10-14 id.	17.36	-1.37
16-20 id.	6.24	(+6.44)	15-19 id.	19.88	+1.03
21-25 id.	0.60	+0 63	20-24 id.	19.04	+0.14
26-30 id.	2.30	+2 09	25-29 id.	16.14	(-2.73)
31- 4 Février	0.35	-0.16	30- 3 Août	16.69	(-2.08)
5- 9 id.	3.20	(+2.33)	4- 8 id.	14.33	(-4.26)
10-14 id.	0.26	-1.02	9-13 id.	16.93	-1.42
15-19 id.	2.67	+0.93	14-18 id.	20.21	(+2.18)
20-24 id.	7.90	(+5.67)	19-23 id.	19.97	(+2.32)
25- 1 Mars	5.31	(+2.55)	24-28 id.	17.70	+0.49
2- 6 Mars	2 76	-0.56	29- 2 Septemb.	14.64	(-2.06)
7-11 id.	5.37	+1.47	3- 7 id.	14.01	(-2 12)
12-16 id.	7.21	(+2.71)	8-12 id.	13.93	(-1 59)
17-21 id.	4.86	-0.27	13-17 id.	13.17	(-1.68)
22-26 id.	5.86	+0.09	18-22 id.	12.63	(-1.50)
27-31 id.	4.76	-1.67	23-27 id.	10.83	(-2.54)
1- 5 Avril	4.88	(-2.22)	28- 2 Octobre	15.13	(+2.56)
6-10 id.	6.12	-1 67	3- 7 id.	12.02	+0.28
11-15 id.	9.53	+1.04	8-12 id.	11.25	+0.37
16-20 id.	7.81	-1.38	13-17 id.	11.93	(+1.93)
21-25 id.	11.62	+1.71	18-22 id.	9.31	+0.20)
26-30 id.	9.05	-1.58	23-27 id.	7.84	-0.37
1- 5 Mai	6.54	(-4.81)	28- 1 Novemb.	9.92	(+2.60)
6-10 id.	7.94	(-4.13)	2- 6 id.	6.93	+0.49
11-15 id.	9.34	(-3.44)	7-11 id.	7.41	(+1.84)
16-20 id.	16.02	(+2.53)	12-16 id.	4.62	-0.12
21-25 id.	15.05	+0.88	17-21 id.	1.57	(-2.38)
26-30 id.	14.86	+0.03	22-26 id.	0.81	(-2.39)
31- 4 Juin	17.01	+1 55	27- 1 Décemb.	5.33	(+2.82)
5- 9 id.	18.11	(+2.05)	2- 6 id.	4.97	(+3.09)
10-14 id.	15.56	-1.05	7-11 id.	5.54	(+4.22)
15-19 id.	16.82	-0.29	12-16 id.	6 63	(+5.79)
20-24 id.	17.93	+0.37	17-21 id.	4.32	(+3 88)
25-29 id.	16.39	-1.57	22-26 id.	0.75	+0 63
			27-31 id.	0.46	+0.57

février, avec + 0°,26. La plus froide, relativement, est au milieu de l'été, du 5 au 9 juillet, avec 13°,39, et un écart de — 5°,15.

La pentade la plus chaude est la 46me, du 14 au 18 août, avec 20°,21. C'est d'ailleurs la seule dont la température dépasse 20°. La plus chaude, relativement, est la 4me, du 16 au 20 janvier, avec 6°,24, et un écart de + 6°,44.

La plus forte hausse de température a eu lieu en mai, entre la 27me et la 28me pentade ; elle est de + 6°,68. La plus forte baisse a eu lieu en janvier, entre la 4me et la 5me pentade ; elle est de — 5°,64.

3° *Moyennes diurnes. — Anomalies.*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de l'année à *Genève*, suivant leurs températures moyennes et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Il en résulte que, dans l'année météorologique 1910, *il n'y a pas eu de jour très froid*, et il y a eu seulement 22 jours dont la température moyenne ait été au-dessous de zéro. C'est encore 10 de moins qu'en 1905, l'année qui fournissait le minimum parmi celles du siècle actuel. S'il n'y a pas eu de jour très froid, *il n'y a pas* non plus *eu de jour très chaud*, cette année, et cette double constatation, accuse bien le caractère de 1910, année médiocre et sans extrêmes.

Le *tableau VII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard*. La longue série de jours dont la température moyenne diurne reste au-dessous de zéro s'étend du 18 octobre 1909 au 17 mai 1910 ; mais elle est interrompue trois fois, les 3 et 4 janvier, 21 avril et 7 mai. D'autre part la température moyenne diurne est restée assez constamment au-dessus de zéro du 25 mai au 5 octobre ; mais il y a de plus fréquentes interruptions que d'ordinaire, en été et en automne, du 4 au 7 juillet, puis du 2 au 5 et du 21 au 22 septembre.

Ces deux tableaux fournissent également, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures diurnes extrêmes est encore plus faible cette année que l'année dernière pour Genève, 25°,9 ; elle est de 31°,0 au Saint-Bernard, ce qui est moins que l'an dernier.

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE, 1910.

Période	Nombre de jours : très froids − 15° à − 10°	très froids − 10° à − 5°	froids − 5° à 0	froids 0° à + 5°	tempérés + 5° à + 10°	tempérés + 10° à + 15°	chauds + 15° à + 20°	chauds + 20° à + 25°	très chauds + 25° à + 30°	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
Décembre 1909 .	—	—	6	11	13	1	—	—	—	− 2.07 le 17	+14.90 le 23
Janvier 1910 . .	—	—	7	20	4	—	—	—	—	− 1.94 le 26	8.95 le 19
Février	—	—	5	14	7	2	—	—	—	− 1.63 le 14	11.29 le 22
Mars	—	—	1	13	17	—	—	—	—	− 0.37 le 31	8.48 le 17
Avril.	—	—	—	2	19	9	—	—	—	+ 2.18 le 1	13.44 le 21
Mai	—	—	—	1	10	13	7	—	—	4.68 le 11	18 10 le 20
Juin	—	—	—	—	—	2	27	1	—	13.73 le 26	20.26 le 29
Juillet	—	—	—	—	—	8	19	4	—	11.38 le 4	23.71 le 22
Août	—	—	—	—	—	8	16	7	—	13.73 le 3	22.68 le 20
Septembre . . .	—	—	—	—	1	26	3	—	—	9.27 le 22	17.47 le 30
Octobre. . . .	—	—	—	—	11	19	1	—	—	+ 6.94 les 24 et 25	16.06 le 1
Novembre . . .	—	—	3	15	9	3	—	—	—	− 2.16 le 23	12.05 le 8
Décembre. . . .	—	—	3	14	14	—	—	—	—	− 2.31 le 23	7.65 le 17
Année météorol. .	—	—	22	76	91	91	73	12	—	− 2.16 le 23 novembre	+23.71 le 22 juillet
Année civile . .	—	—	19	79	92	90	73	12	—	− 2.31 le 23 décembre	id.

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1910

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	− 25° et − 20°	− 20° et − 15°	− 15° et − 10°	− 10° et − 5°	− 5° et − 0°	0° et + 5°	+ 5° et + 10°	+ 10° et + 15°		
Décembre 1909	—	—	5	14	12	—	—	—	− 13.9° le 9	− 0.4° le 28
Janvier 1910	—	4	10	5	10	2	—	—	− 18.1 le 23	+ 1.0 le 4
Février	—	1	14	10	3	—	—	—	− 15.9 le 10	− 2.7 le 7
Mars	—	—	4	25	2	—	—	—	− 14.6 le 31	− 3.7 le 16
Avril	—	—	1	13	14	2	—	—	− 11.1 le 1	+ 0.8 le 21
Mai	—	—	—	9	8	14	—	—	− 8.4 le 10	3.8 le 22
Juin	—	—	—	—	—	20	10	—	+ 0.4 le 4	7.6 les 9 et 21
Juillet	—	—	—	—	3	13	13	2	− 1.2 le 4	12.9 le 22
Août	—	—	—	—	—	12	15	4	+ 0.6 le 31	12.3 le 20
Septembre	—	—	—	—	5	22	3	—	− 6.4 le 22	6.3 le 30
Octobre	—	—	—	3	14	12	2	—	− 5.3 le 21	+ 7.2 le 2
Novembre	—	—	8	13	9	—	—	—	− 12.7 les 17 et 22	− 1.4 le 28
Décembre	—	1	6	17	7	—	—	—	− 15.0 le 31	− 3.3 le 16
Année météorologique	—	5	42	92	80	97	43	6	−18.1 le 23 janv.	+12.9 le 22 juillet
» civile	—	6	43	95	75	97	43	6	id.	id.

L'anomalie résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans celle de plaine ne s'est présentée qu'une fois cette année, le 4 janvier.

4° *Températures extrêmes.*

Les *tableaux VIII* et *IX* fournissent, pour les deux stations, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève*, le minimum absolu est beaucoup moins bas que le minimum moyen des 50 années de 1826 à 1875 (—13°,3). Le maximum absolu est légèrement au-dessous du maximum absolu moyen (+ 32°,5). L'oscillation extrême de la température, 39°,0, est donc très inférieure à l'oscillation moyenne (45°,8). — Au *Grand Saint-Bernard*, l'oscillation extrême est de 37°,4, inférieure à celle de l'année précédente.

Ces tableaux fournissent en outre, pour les deux stations, les nombres de *jours de gelée*, où le minimum est descendu au-dessous de zéro, et de *jours de non dégel*, où le maximum est resté au-dessous de zéro. A Genève ces nombres sont très inférieurs, le second surtout, aux nombres moyens des 50 années de 1826 à 1875 (91 et 21).

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 10 mai. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu le 11 novembre.

Au *Grand Saint-Bernard*, le petit lac près de l'hospice a été complètement dégelé le 25 juillet et il s'est congelé à nouveau dans la nuit du 20 au 21 octobre.

5° *Température du Rhône.*

Le *tableau X* fournit les documents habituels sur la température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur d'un mètre au-dessous de la surface. Sauf en janvier et en décembre 1910, le lac a toujours eu une température au-dessous de la normale.

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1910

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1909....	− 3.5	le 17	+ 20 8	le 23	12	1
Janvier 1910..	− 6.3	le 14	11.8	le 16	23	1
Février	− 6.3	le 14	15.8	le 22	14	0
Mars	− 2.8	le 6	15.7	le 10	8	0
Avril	− 1.4	les 1 et 2	21.3	le 21	2	0
Mai	− 1.4	le 10	27.9	le 19	2	0
Juin.....	+ 8.2	le 28	29.3	le 21	0	0
Juillet	7.3	le 27	32.2	le 22	0	0
Août	7.6	le 7	31.5	le 21	0	0
Septembre ...	4.4	le 26	24.2	le 30	0	0
Octobre.....	+ 2.1	le 26	20.9	le 1	0	0
Novembre....	− 6.8	le 23	15.2	le 9	13	0
Décembre....	− 6.3	le 30	12.6	le 12	8	1
Année mét...	− 6.8	le 23 novembre	+ 32.2	le 22 juillet	74	2
» civile..	id.		id.		70	2

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1910

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1909....	− 17.6	le 10	+ 1.4	le 28	31	30
Janvier 1910..	− 20.9	le 23	3.9	le 4	31	22
Février	− 18.5	le 10	1.3	le 25	28	27
Mars	− 18.0	le 31	1.2	le 8	31	28
Avril	− 14.7	le 1	5.0	le 22	30	22
Mai	− 14 2	le 10	9 2	le 22	22	11
Juin.....	− 1.6	le 30	13.2	le 21	5	0
Juillet	− 3.5	le 5	16.5	le 22	11	0
Août.....	− 1.2	le 24	16.2	le 20	5	0
Septembre....	− 7.5	le 22	9.2	le 30	13	1
Octobre	− 7.4	le 22	+ 11.2	le 2	22	7
Novembre	− 17.0	le 17	0.0	le 1	30	29
Décembre	− 17.0	le 31	− 0.2	le 16	31	31
année mét...	− 20 9	le 23 janvier 1910	+ 16.5	le 22 juillet	259	177
» civile..	id.		id.		259	178

X. — Température du Rhône, 1910

PÉRIODE	Moyenne	Écarts avec la normale	Minimum	Maximum	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air
	°	°	°	°	°
Décembre 1909	6.22	- 0.39	5.0 le 13	8.0 les 1 et 2	+ 2.00
Janvier 1910..	5 42	+ 0 31	4.9 les 24 et 31	6.0 le 19	+ 3.41
Février	4.75	- 0.21	4.0 les 10 et 11	5.4 le 23	+ 1 33
Mars	5.77	- 0.35	4.7 le 31	6.8 les 17, 18 et 29	+ 0.72
Avril	6.95	- 1.83	4.7 le 1	8.5 le 23	- 1.22
Mai	9.99	- 1.73	7 2 le 2	14.5 le 26	- 1.78
Juin.....	13.76	- 1.58	9.4 le 25	17.8 les 21 et 22	- 3.17
Juillet	14 15	- 3 94	8.0 le 7	19.5 le 18	- 2.64
Août	17.58	- 1.07	13 7 le 6	20.8 le 18	+ 0.15
Septembre ..	15.97	- 1.10	14.2 le 24	17.8 les 1 et 2	+ 2.84
Octobre.....	13.77	- 0.21	11.3 le 22	16.0 le 1	+ 3.05
Novembre....	6.41	- 3.22	6.5 les 7, 11 et 25	12.9 le 1	+ 1.84
Décembre...	7.12	+ 0.51	5.2 le 29	7.8 les 7, 8 et 12	+ 3.26
Année météor.	10.23	- 1.11	4.0 les 10 et 11 février 1910	20.8 le 18 août	+ 0.68
Année civile .	10.28	- 1.06	id.	id.	+ 0.76

III. Pression atmosphérique

Genève. — Comme cela a été indiqué dans le résumé de l'année 1903, le baromètre de Fuess n° 1492/57, qui sert de baromètre normal depuis 1902, a été vérifié le 30 janvier 1904, et sa correction, par rapport au baromètre normal du bureau météorologique de Zurich, est de $+ 0^{mm},21$. L'altitude du zéro de l'échelle est de $404^{m},96$, la même que pour l'ancien baromètre de Noblet, en admettant $373^{m},60$ pour la cote absolue du repère de la pierre du Niton.

Les six observations diurnes de 7 h. du matin à 10 h. du soir se font directement au baromètre de Fuess. Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et de 4 h. du matin, ainsi que les valeurs des minima et des maxima, sont relevées sur les diagrammes du barographe à enregistrement continu de Redier, ou, subsidiairement, sur ceux du barographe horaire de Hipp.

La moyenne des huit observations trihoraires donne la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes*

mensuelles et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Depuis 1904, les trois observations directes diurnes sont faites au nouveau baromètre de Fuess, n° 1570/100, installé à l'hospice le 5 octobre 1903, à côté de l'ancien baromètre de Gourdon. La correction de ce baromètre, par rapport au baromètre normal du bureau météorologique de Zurich, est de $+ 0^{mm},75$. Son altitude, résultant du nouveau nivellement de précision exécuté en 1906, est de $2475^{m},8$. — Les valeurs des minima et des maxima de la pression sont relevées sur le barographe horaire de Hottinger, décrit dans le résumé de 1884.

1° *Moyennes générales. — Variation diurne. — Écarts.*

Le *tableau XI* donne, pour *Genève*, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et l'année, météorologique et civile ; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XII* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard,* mais la variation diurne n'est plus exprimée qu'assez incomplètement par la différence entre les moyennes générales et les moyennes des *trois* observations diurnes.

Le *tableau XIII* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par Plantamonur des années de 1836 à 1875 pour Genève, et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

Aux deux stations, la moyenne annuelle est un peu inférieure à la normale, et le nombre des écarts négatifs dépasse celui des écarts positifs. Les plus forts écarts négatifs sont ceux de décembre 1909 et 1910, puis de novembre, à Genève ; au Saint-Bernard ce sont ceux de novembre 1910 et de décembre 1909. Le plus fort écart positif est en mars aux deux stations.

La discordance entre les deux stations est maximum, dans le sens d'une plus forte pression relative à la montagne aux deux

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1910

Période	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1909	723.52	− 0.20	− 0.30	− 0.11	+ 0.43	− 0.19	− 0.09	+ 0.22	+ 0.24
Janvier 1910	727.50	+ 0.22	− 0.04	− 0.20	+ 0.36	− 0.24	− 0.31	+ 0.07	+ 0.14
Février	724.77	+ 0.34	+ 0.05	+ 0.08	+ 0.21	− 0.41	− 0.64	− 0.03	+ 0.40
Mars	728.06	+ 0.18	+ 0.05	+ 0.31	+ 0.60	0.00	− 0.63	− 0.42	− 0.09
Avril	724.09	+ 0.31	− 0.08	+ 0.13	+ 0.15	− 0.30	− 0.73	− 0.05	+ 0.57
Mai	723.15	+ 0.28	+ 0.13	+ 0.38	+ 0.24	− 0.30	− 0.64	− 0.27	+ 0.18
Juin	725.36	+ 0.28	+ 0.02	+ 0.16	+ 0.10	− 0.35	− 0.54	− 0.22	+ 0.55
Juillet	726.14	+ 0.22	+ 0.08	+ 0.28	+ 0.27	− 0.13	− 0.54	− 0.47	+ 0.29
Août	727.79	+ 0.17	+ 0.02	+ 0.18	+ 0.34	− 0.19	− 0.56	− 0.34	+ 0.38
Septembre	729.36	+ 0.15	− 0.03	+ 0.17	+ 0.33	− 0.17	− 0.47	− 0.21	+ 0.23
Octobre	728.05	+ 0.33	+ 0.19	+ 0.24	+ 0.28	− 0.16	− 0.66	− 0.30	+ 0.08
Novembre	722.57	− 0.21	− 0.22	+ 0.06	+ 0.63	+ 0.11	− 0.21	− 0.07	− 0.09
Décembre	724.53	+ 0.12	− 0.06	+ 0.01	+ 0.36	− 0.46	− 0.39	+ 0.10	+ 0.32
Hiver	725.28	+ 0.11	− 0.10	− 0.08	+ 0.34	− 0.28	− 0.34	+ 0.09	+ 0.26
Printemps	725.11	+ 0.26	+ 0.04	+ 0.27	+ 0.33	− 0.20	− 0.67	− 0.25	+ 0.22
Eté	726.44	+ 0.22	+ 0.04	+ 0.20	+ 0.24	− 0.22	− 0.54	− 0.34	+ 0.40
Automne	726.68	+ 0.09	− 0.02	+ 0.16	+ 0.41	− 0.07	− 0.45	− 0.19	+ 0.07
Année météorologique	725.88	+ 0.17	− 0.01	+ 0.14	+ 0.33	− 0.19	− 0.50	− 0.18	+ 0.24
Année civile	725.96	+ 0.20	+ 0.01	+ 0.15	+ 0.32	− 0.21	− 0.53	− 0.18	+ 0.24

XII. Pression atmosphérique. — SAINT-BERNARD, 1910

PÉRIODE	Hauteur moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Décembre 1909	559.50	- 0.38	+ 0.07	+ 0.31
Janvier 1910	561.17	- 0.20	- 0.05	+ 0.25
Février	559 35	- 0.19	- 0.08	+ 0 27
Mars	563.17	- 0.15	+ 0.07	+ 0.08
Avril	560.98	- 0.27	+ 0.06	+ 0.21
Mai	561.85	- 0.30	- 0.04	+ 0.34
Juin	566.42	- 0.26	+ 0.04	+ 0.22
Juillet	565.85	- 0.37	+ 0.04	+ 0.33
Août	568.92	- 0.26	- 0 01	+ 0.27
Septembre	567.66	- 0.23	- 0.06	+ 0.29
Octobre	566.86	- 0.09	+ 0.01	+ 0.08
Novembre	558.37	- 0.18	+ 0.05	+ 0.13
Décembre	560.71	- 0.12	- 0.16	+ 0.28
Hiver	560.03	- 0.26	- 0.02	+ 0.28
Printemps	562.01	- 0.24	+ 0.03	+ 0.21
Eté	567.40	- 0.30	+ 0.02	+ 0.28
Automne	564.33	- 0.17	0.00	+ 0.17
Année météorologique	563.46	- 0.24	+ 0.01	+ 0.23
Année civile	563.56	- 0 22	- 0.01	+ 0.23

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1910

PÉRIODE	Genève	St-Bernard	Genève—St-Bernard
	mm	mm	mm
Décembre 1909	- 4.44	- 2.82	- 1.62
Janvier 1910	+ 0.13	+ 0.68	- 0.55
Février	- 2.07	- 0 89	- 1 18
Mars	+ 3.03	+ 3.46	- 0.43
Avril	- 0.68	- 0.65	- 0.03
Mai	- 2.09	- 1 99	- 0.10
Juin	- 1.83	- 0.69	- 1.14
Juillet	- 1.51	- 1.63	+ 0.12
Août	+ 0.13	+ 0.52	- 0.39
Septembre	+ 1.73	+ 0.21	+ 1.52
Octobre	+ 1.54	+ 2.26	- 0.72
Novembre	- 3.28	- 3.66	+ 0.38
Décembre	- 3.43	- 1.61	- 1.82
Année météorologique	- 0.76	- 0.42	- 0.34
Année civile	- 0.68	- 0.32	- 0.36

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1910

PÉRIODE	Mininimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm.		mm.		mm.
Décembre 1909 . . .	710.3	le 5	735.5	le 9	25.2
Janvier 1910	702.1	le 25	740.0	le 7	37.9
Février.	710.0	le 3	733.5	le 5	23.5
Mars.	714.8	le 19	733.9	le 8	19.1
Avril.	710.6	le 14	735.2	le 19	24.6
Mai	716.5	le 19	728.0	le 27	11.5
Juin	714.3	le 26	732.4	le 19	18.1
Juillet	721.1	le 16	731.4	le 5	10.3
Août.	720.8	le 9	734.7	le 31	13.9
Septembre	724.0	le 11	734.5	le 27	10.5
Octobre	717.4	le 20	737.1	le 4	19.7
Novembre	711.9	le 6	733.1	le 10	21.2
Décembre	710.4	le 27	738.8	le 20	28.4
Année météorolog. .	702.1	le 25 janvier	740.0	le 7 janvier	37.9
Année civile	id.		id.		id.

XV. Pressions extrêmes. SAINT-BERNARD, 1910

PÉRIODE	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Amplitude
	mm.		mm.		mm.
Décembre 1909 . . .	549.5	le 5	566.8	le 28	17.3
Janvier 1910	540.0	le 25	573.0	le 10	33.0
Février	548.7	le 3	569.1	le 22	20.4
Mars	552.5	le 31	568.5	le 8	16.0
Avril	555.0	le 16	571.2	le 19	16.2
Mai	553.6	le 11	567.1	le 26	13.5
Juin	558.7	le 26	572.3	le 19	13.6
Juillet	560.5	le 7	572.6	le 21	12.1
Août	562.8	le 4	575.7	le 20	12.9
Septembre	563.5	le 11	573.7	le 18	10.2
Octobre	555.3	le 21	574.2	le 1	18.9
Novembre	549.4	le 6	565.3	le 8	15.9
Décembre	545.9	le 27	570.9	le 22	25.0
Année météorolog. .	540.0	le 25 janvier	575.7	le 20 août	35.7
Année civile	id.		id.		id.

mois de décembre, et dans le sens d'une plus forte pression relative à Genève, au mois de septembre.

2° *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

Les *tableaux XIV* et *XV* donnent les minima et les maxima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève,* les extrêmes moyens et absolus ont les valeurs suivantes :

minimum extrême	moyen	: 705.05
» »	absolu	: 700.16 (26 XII 1856)
maximum extrême	moyen	: 741.03
» »	absolu	: 748.71 (17 I 1882)

Le minimum absolu est bas et inférieur de 3 millimètres à la moyenne. Le maximum absolu est un peu inférieur au maximum moyen. L'amplitude annuelle totale est cependant un peu supérieure à l'amplitude moyenne.

Au *Grand Saint Bernard,* l'amplitude annuelle est supérieure à ce qu'elle a été les années précédentes, à cause du minimum bas du 25 janvier.

(A suivre)

SOCIÉTÉ SUISSE DE CHIMIE

Assemblée générale du 25 février 1911, à Fribourg

Présidence de M. le prof. Fr. Fichter, vice-président

Partie administrative. — A. Werner. Changements de position dans l'espace chez les composés inorganiques. — A. Bistrzycki. Synthèses dans le groupe du triphénylméthane. — E. Briner. Discontinuités dans les vitesses de réactions en milieu gazeux. — J. Amann. Réactions ultramicroscopiques. — J. Schmidlin. Sur la quinhydrone. — A. Kaufmann. Sur les bases pseudo-ammonium. — G. Baume. Courbes de fusibilité des mélanges gazeux aux basses températures. — P. Pfeiffer. Phénomènes d'halochromie. — G. Bredig. Synthèses asymétriques provoquées par les catalyseurs. — E. Ferrario. Le mariène et ses dérivés. — T. v. Estreicher. Recherches calorimétriques sur le chlore aux basses températures. — — K. Jablczynski. Réactions dans les systèmes hétérogènes. — Ch. Dhéré. Préparation et propriétés des protéines déminéralisées. — Dr Ciechomski. Expériences sur la fluorescence et la phosphorescence. — A. Brun. Recherches sur le volcanisme.

Après avoir souhaité la bienvenue aux membres, ainsi qu'à M. le Dr Bertschinger, président de la Société des chimistes analystes, M. Fichter rappelle la perte douloureuse que notre société a ressentie par le décès de son président M. le Prof. St. de Kostanecki. Monsieur le Prof. Nœlting avait bien voulu préparer une conférence sur l'œuvre scientifique de St. de Kostanecki, mais M. Nœlting étant malheureusement empêché par la maladie, cette conférence sera donnée en septembre à la séance de Soleure. La société est informée aussi du décès récent du Dr A. Wroczynski au cours d'un voyage d'exploration en Tunisie. L'assemblée se lève pour honorer la mémoire de ces deux membres.

Les nouveaux statuts élaborés par la commission préparatoire sont ensuite adoptés; ils entrent immédiatement en vigueur.

Une médaille est décernée à M. le Dr E. Briner pour ses travaux sur les gaz aux pressions élevées.

L'assemblée constitue ensuite son nouveau comité ; il est composé des Prof. Fichter (Bâle) président, Pelet (Lausanne) vice-président et Bistrzycki (Fribourg) trésorier.

Le nouveau comité entrera en fonctions le 1er avril 1911 et annonce qu'il a désigné comme secrétaire M. le Dr J. Schmidlin (Zurich).

Communications scientifiques

A. Werner (Zurich). *Sur les changements de position dans l'espace effectués par les atomes ou groupes d'atomes dans les transformations des stéréoisomères.* — L'étude de la formation des sels violéocobaltiques à partir des sels carbonatotetramminocobaltiques et diol-octamminodicobaltiques a montré que dans ces composés les deux groupes X sont en position *cis*, tandis que dans les praséodérivés, ils sont en position *trans*.

Il s'agissait de déterminer la configuration des séries isomères du cobalt qui ne se forment pas directement à partir des sels carbonatocobaltiques ou d'autres cobaltiaques avec des groupements d'atomes en chaine fermée.

On pouvait espérer résoudre simplement ce problème par des substitutions du type suivant :

$$X\left[A_4Co\begin{matrix}X\\X\end{matrix}\right] + RX' = X\left[A_4Co\begin{matrix}X'\\X\end{matrix}\right] + RX$$

$$\text{et}\quad X\left[A_4Co\begin{matrix}X\\X\end{matrix}\right] + NH_3 = X_2\left[A_4Co\begin{matrix}NH_3\\X\end{matrix}\right]$$

Expérimentalement cette méthode a conduit à des résultats très incomplets, parce qu'au lieu d'obtenir une série déterminée on se trouve fréquemment en présence d'une série de stéréoisomères.

A titre d'exemple, l'auteur cite le cas suivant : Par oxydation d'une série de sels isorhodanato-chloro-diéthylène-diamine-cobaltiques (violets) $\left[\begin{matrix}Cl\\SCN\end{matrix}\ Co\ en_2\right]X$ on obtient une série chloroamminique du type $\left[\begin{matrix}Cl\\NH_3\end{matrix}\ Co\ en_2\right]X_2$ que nous appellerons série A.

Lorsqu'on traite les sels chloroisorhodanato par l'ammoniaque diluée, le chlore intraradical est remplacé par OH. Si l'on chauffe ensuite avec l'acide chlorhydrique la solution du sel précédent oxydée au préalable, on obtient une série chloroamminique qui est stéréoisomérique avec la série A.

Pour continuer l'étude d'un processus aussi compliqué, il était indispensable de disposer d'un matériel expérimental considérable et M. Werner s'est astreint à préparer 20 paires de séries stéréoisomériques de la formule $[R_2\ Co\ en_2]\ Xn$.

Il a constaté que les transpositions du genre de celle qui vient d'être indiquée sont extrêmement fréquentes ; on peut même dire que dans la règle ce sont celles-là qui se produisent.

Cela l'a amené à étudier de quelle façon ces transpositions s'effectuent. Il a pu résoudre le problème en étudiant la réaction dans ses diverses phases, mais l'exposé de ces résultats dépasserait le cadre de ce résumé ; nous nous bornerons à dire que ses recherches l'ont conduit à considérer comme inexactes les idées actuelles sur le processus de la substitution et à trouver d'autre part une explication de la transposition de Walden chez les composés organiques.

A. Bistrzycki (Fribourg). *Synthèses dans le groupe du triphénylméthane.* — Ainsi que *Bistrzycki* et *Vlekke* l'ont mentionné en 1902, le benzhydrol se condense avec le phénol, en présence du tétrachlorure d'étain, pour donner le p-oxytriphénylméthane. L'auteur a étudié avec MM. *Vlekke* et *J. Seeberg* cette réaction d'une façon complète et constaté une différence remarquable de la solubilité des produits dans les alcalis. Le dérivé de l'ortho-crésol se dissout facilement dans la potasse caustique, celui du méta-crésol plus difficilement et celui du para-crésol moins bien encore. Les dérivés analogues des ortho, méta et para-xylénols se comportent de même.

A côté des produits de condensation normaux obtenus avec le phénol et les trois crésols, il se forme des anhydrides remarquables qui ne sont pas des éthers phénoliques, mais contiennent un groupe OH que l'on peut acyler et alcoyler, et qui sont presque insolubles dans l'eau.

L'auteur discute les deux formules suivantes :

$$(C_6H_5)_2{=}CH{-}C_6H_4{-}C_6H_3(OH){-}CH{=}(C_6H_5)_2$$
$$(C_6H_5)_2{=}CH{-}C_6H_4{-}C(C_6H_5)_2C_6H_4(OH)$$

Les éthers phénoliques se laissent condenser avec le benzhydrol et la combinaison se fait en position o. ou p. du groupe alcoxylé.

Le triphénylcarbinol se condense de même avec l'ortho et le métacrésol ; par contre, avec le paracrésol, en présence d'acide acétique glacial et d'acide sulfurique, il y a réduction en triphénylméthane.

Le benzhydrol donne avec l'α-naphtol des dérivés de la série diphényl-α-naphtylique.

En collaboration avec Mlle Zaleska, l'auteur a étudié la réaction avec les acides benzhydrol-α-carbonique, benzilique et α-oxy-β-naphtoïque.

Le produit primaire $(C_6H_5)_2 = C(COOH){-}C_{10}H_5(OH)(COOH)$ se transforme, par départ d'oxyde de carbone, en acide oxycarbinol-carbonique ; celui-ci, chauffé avec la potasse, perd de l'eau et de l'anhydride carbonique :

$$(C_6H_5)_2COH-C_{10}H_5(OH)COOH-CO_2-H_2O =$$

On obtient le diphényl-naphtoquinométhane, ou naphtofuchsone, qui est l'analogue de la p-fuchsone de Bistrzycki et Herbst; c'est le chromogène du bleu Victoria, du bleu de nuit, etc. Il est jaune et se dissout dans l'acide sulfurique concentré avec une coloration violette.

E. Briner (Genève). *Sur quelques discontinuités dans les vitesses de réactions en milieu gazeux et sur la question des faux équilibres chimiques.* — La question des faux équilibres a suscité de nombreuses discussions : les uns affirment leur réalité, les autres prétendent que les faux équilibres ne sont qu'apparents et que tout système chimique tend vers son état d'équilibre le plus stable, mais avec une vitesse qui peut être extrêmement petite. Au point de vue de la forme à donner à l'équation fondamentale entre la vitesse de réaction, la force et la résistance chimique, il importe de décider entre les deux interprétations. Dans ce but, il convient surtout d'étudier les réactions qui s'effectuent en milieu gazeux, car ce sont celles-ci qui ont servi de thème aux discussions sur les faux équilibres.

La formation de l'eau à partir de ses éléments a été étudiée jusqu'à des températures de 400° et des pressions de 300 atmosphères. La réaction s'est montrée beaucoup trop irrégulière pour que l'on puisse songer à lui appliquer les lois de la cinétique chimique. En outre la formation de l'eau, qui aurait dû être fortement accélérée par l'élévation de pression, ne progresse pas plus vite à 300 atmosphères qu'à la pression ordinaire.

Ce résultat bizarre se conçoit bien si l'on attribue aux parois du récipient un rôle prépondérant.

Dans la décomposition du protoxyde d'azote aux températures voisines de 500°, on a constaté une sorte d'arrêt de la réaction après qu'une certaine quantité de gaz a été transformée.

Comme le démontrent des expériences de très longue durée, portant sur la formation de l'anhydride sulfurique à partir du gaz sulfureux et de l'oxygène, il s'agit, dans ces réactions en milieux gazeux, de très grands ralentissements plutôt que d'arrêts complets. D'ailleurs un arrêt complet semble être incompatible avec les vues chimiques actuelles.

On peut expliquer ces ralentissements, qui sont anormaux puisqu'ils se produisent très loin de l'état d'équilibre le plus stable, en admettant que les produits de la réaction forment une

sorte de couche adhésive contre les parois des récipients. Comme ces parois paraissent exercer une grande action, la réaction subira après un certain temps un ralentissement, car les molécules réagissantes n'y parviendront plus avec la même facilité qu'au début.

C'est probablement dans l'intervention de cette couche adhésive et dans l'attaque de la substance des parois des récipients par les gaz qui y sont contenus, qu'il faut chercher l'origine de la complexité des réactions en milieux gazeux.

J. Amann (Lausanne). *Réactions ultramicroscopiques.* — L'action de la lumière sur les préparations ultramicroscopiques photosensibles se manifeste :

1° par la *phototropie* (changement de coloration) ;

2° par l'apparition d'une *photophase micellaire* a) en nébuleuse amicroscopique ou submicroscopique, b) en essaim stellaire, c) diffuse dans toute la masse. La photophase micellaire ne peut se former qu'entre certaines limites de température.

A) Fixation des micelles par adsorbtion sur les parois du verre. La vitesse de cette fixation diminue lorsque la viscosité de la phase liquide augmente.

B) Phénomènes de cristallisation aux dépens des micelles. Ex. solution d'iodoforme dans l'alcool amylique. Ces réactions peuvent être *reversibles* ou non à l'obscurité ou à la lumière non actinique. Les principales études ultramicroscopiques faites par l'auteur ont porté jusqu'ici 1° sur les pseudo-solutions de sels organiques doubles du fer. La formation de la photophase a lieu en présence du groupe réducteur -CHOH (tartrates, citrates, etc).

2° *Sur les solutions d'iode* dont une partie sont des *fausses solutions* micellaires. Certaines des solutions moléculaires et des pseudosolutions de l'iode présentent des réactions photochimiques ultramicroscopiques. La photosensibilité dépend de la présence simultanée d'iode libre en solution ionique ou moléculaire et d'une combinaison d'addition photolysable.

3° *Catalyse du peroxyde d'hydrogène* par les solutions des *ferro et ferricyanures* et des *nitroprussiates*. La photophase micellaire joue ici le rôle des *germes* de réaction admis par Kistiakowsky et par Weigert.

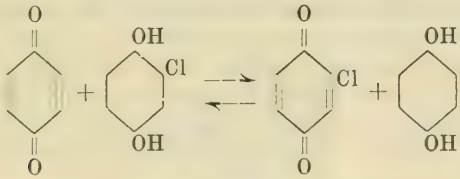
4° *Solutions de soufre, des polysulfures et des sulfhydrates.* La photophase consiste en S λ (soufre insoluble).

Il résulte de cette étude que la formation d'une photophase micellaire par l'action actinique sur les solutions moléculaires et ioniques, ainsi que sur certaines fausses solutions colloïdales, paraît être un phénomène très général. Il convient donc d'en tenir compte dans toutes les mesures exactes faites sur des solutions qui ont pu subir, à un moment donné, l'action de la lumière.

J. Schmidlin (Zurich). *Sur la quinhydrone.* — La réaction si remarquable qui a lieu entre la quinone et l'acide chlorhydrique n'a jusqu'à présent pas trouvé d'explication satisfaisante. Wichelhaus a essayé de représenter la formation de l'hydroquinone et de la quinhydrone, ainsi que leur transformation quantitative en chlorhydroquinone, de la façon suivante :

$$O{=}C_6H_4{=}O + 2HCl = HO.C_6H_4.OH + Cl_2$$
$$HO.C_6H_4.OH + Cl_2 = HO.C_6H_3Cl.OH + HCl$$

L'auteur, se basant sur ses recherches expérimentales, considère que la théorie de ce processus doit être exprimée par la réaction reversible suivante :



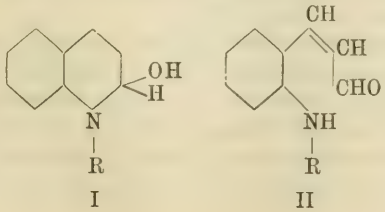
Dans une première phase il y a addition de HCl à la quinone, d'après le schema de Thiele. La chlorhydroquinone ainsi formée, en présence de quinone en excès, donne alors la chloroquinone et l'hydroquinone. La séparation de l'hydroquinone sous la forme de quinhydrone insoluble et ne contenant pas de chlore s'explique facilement par l'équation précédente dans le sens —→.

Dans la deuxième phase, l'acide chlorhydrique se fixe à la quinhydrone et la transforme en chlorohydroquinone et en hydroquinone.

Dans la troisième phase, l'hydroquinone entre en réaction avec la chloroquinone formée dans la première phase et cela suivant l'équation précédente dans le sens ←—. L'acide chlorhydrique agit en modifiant l'équilibre de la réaction par suite de la transformation de la quinone en chlorhydroquinone.

A. Kaufmann (Genève). *Sur les bases pseudo-ammonium.* — On attribue généralement aux pseudobases la formule *carbinolique.* Ce mode de représentation n'exprime cependant pas d'une façon suffisante la facilité avec laquelle cette classe de corps réagit.

L'auteur admet que les *oxydihydrobases* de Decker-Hantzsch (I) se transposent peu à peu en *aldéhydes* de Roser (II).

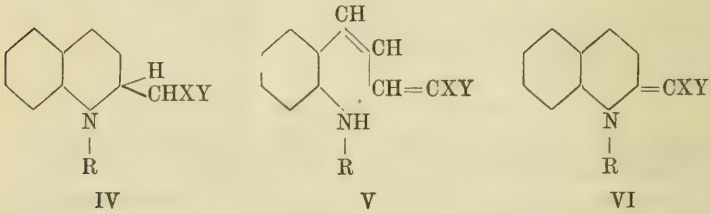


Cette supposition permet de se rendre compte de la formation des ammoniums quaternaires, ainsi que des «alcoolates» et des « oxydes ».

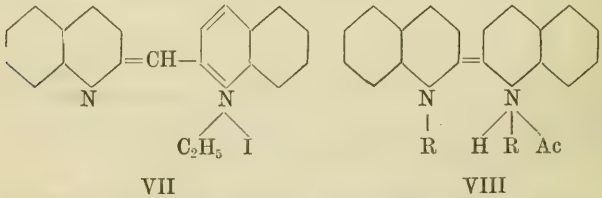
Les pseudobases donnent avec l'acide diazobenzène-sulfonique la coloration rouge-violet caractéristique des aldéhydes.

Avec la phénylhydrazine il se forme des phénylhydrazones, et avec l'aniline des *aniles* nettement cristallisables.

Les pseudobases se combinent avec certains composés qui contiennent un groupe méthyle ou méthylène pour former des dérivés *dihydrocyclaminiques* du type IV, à côté de corps du type V contenant une nouvelle double liaison. Ceux-ci, par autoxydation, se transforment facilement en composés VI, chez lesquels la chaîne est de nouveau fermée.



A ces derniers se rattachent dans la série quinoléique les colorants du groupe de la *cyanine*. Le rouge éthyle serait ainsi représenté par la formule VII et l'*érythro-apocyanine* de Kaufmann par la formule VIII.



Les cyanines dérivées de la lépidine et les *xantho-apocyanines* auraient des formules analogues. Les *isocyanines* des sels de quinaldinium auraient probablement une formule se rattachant au type V. Dans la série de l'*isoquinoléine*, la *berbérine* et le rouge de *quinoléine* auraient nne structure semblable à VII.

G. Baume (Genève). *Courbes de fusibilité des mélanges gazeux aux basses températures.* — L'auteur remercie d'abord ses collaborateurs, MM. les Drs Perrot, Pamfil et Germann et Mlle Tykociner de leur concours dévoué, et indique la part qui revient à chacun d'eux dans le travail d'ensemble qu'il a pu réaliser, grâce à l'amabilité de M. le Prof. Ph.-A. Guye. Il rappelle

ensuite le principe de la méthode qu'il a établie pour l'étude des courbes de fusibilité des systèmes gazeux ou des mélanges d'un gaz et d'un liquide : sa description détaillée a fait l'objet d'une communication antérieure [1].

L'auteur termine son exposé en signalant deux groupes de résultats obtenus au cours de ses recherches et qui sont parmi les plus intéressants au point de vue strictement chimique : au premier appartiennent ceux qui ont trait aux combinaisons oxoniennes (le corps oxonien choisi a été l'oxyde de méthyle) ; le second groupe comprend divers systèmes permettant de mettre en évidence la formation de composés d'addition dans certaines réactions simples de la chimie des alcools (l'alcool employé a été l'alcool méthylique). Le tableau suivant contient la liste des systèmes mentionnés, ainsi que quelques-unes des propriétés signalées par l'auteur dans sa communication (*il importe de remarquer que ces systèmes sont les types oxoniens ou alcooliques les plus simples que l'on puisse réaliser*) :

Premier groupe

Système	Propriétés
$(CH_3)_2O-HCl$ (G. Baume)	2 max. : $(CH_3)_2O+HCl$ (Friedel); $(CH_3)_2O+4HCl$; formation de verres incristallisables dans la région intermédiaire.
$(CH_3)_2O-SO_2$ (G. Baume)	Max. : $(CH_3)_2O+SO_2$ (Briner et Cardoso).
$(CH_3)_2O-NH_3$ (G. Baume et F.-L. Perrot)	Max. : $(CH_3)_2O+NH_3$ très aplati (combin. dissociée) compris entre deux eutectiques et caractérisé par deux *solidus* différents.
$(CH_3)_2O-CH_3Cl$ (G. Baume)	Point anguleux ; $(CH_3)_2O+CH_3Cl$ (combin. instable).
$(CH_3)_2O-NO$ (G. Baume et Germann)	Point anguleux ; combin. très dissociée (sans doute $(CH_3)_2O+NO$).
$(CH_3)_2O-CO_2$ (G. Baume et F.-L. Perrot)	Pas de combinaison.

Deuxième groupe

$CH_3OH-HCl$ (G. Baume et G. Pamfil)	Formation de verres incristallisables sauf au milieu du diagramme ; un seul maximum caractérisé : $CH_3OH+HCl$, important pour la théorie de la formation des dérivés halogénés.

[1] *Arch. des Sciences phys. et nat.*, 4e période, t. 27, p. 408 (1909).

Système	Propriétés
CH_3OH-SO_2 (G. Baume et G. Pamfil)	Verres incristallisables sur une grande étendue de la courbe; 2 maximums caractérisés: CH_3OH+SO_2 et $2CH_3OH+SO_2$.
CH_3OH-NH_3 (G. Baume et F.-L. Perrot)	Max.: CH_3OH+NH_3, important pour la théorie de la formation des amines.
CH_3OH-CO_2 (G. Baume et F.-L. Perrot)	Pas de combinaison.

L'auteur rappelle, en terminant, que plusieurs constantes des gaz liquéfiés ont pu être déterminées au cours de ces recherches; M. le Dr F.-L. Perrot en a fait connaître un certain nombre lors d'une précédente réunion[1].

P. Pfeiffer (Zurich). *Contribution à l'étude des phénomènes d'halochromie.* — En collaboration avec MM. *Friedmann* et *Goldberg,* l'auteur a étudié un grand nombre de produits d'addition de $Sn\,Cl_4$ et de $Sn\,Br_4$ avec des cétones, aldéhydes ou amino-acides contenant des groupes chromophores et auxochromes.

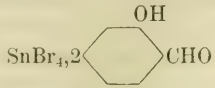
Ces combinaisons peuvent être représentées par la formule générale:

$$X_4Sn\begin{cases} O=C\begin{smallmatrix}R_1\\R_2\end{smallmatrix} \\ O=C\begin{smallmatrix}R_1\\R_2\end{smallmatrix}\end{cases}$$

On observe que les produits d'addition des ortho et méta-oxybenzaldéhydes sont jaunes, tandis que celui de la para-oxybenzaldéhyde est incolore. On trouve des résultats analogues pour les oxyacétophénones, ce qui présente un grand intérêt pour la thérie des colorants pour mordants.

Si l'on compare les aldéhydes, cétones, acides, éthers composés et amides qui dérivent du même radical R-CO, au point de vue de leur halochromie, on constate que les aldéhydes et les cétones donnent des réactions beaucoup plus nettes que les autres dérivés. Ce fait est en relation avec les différences de coloration que l'on observe entre le glyoxal et le diacétyle d'une part, et entre l'acide oxalique ses éthers et son amide d'autre part.

D'après les idées de l'auteur, les produits d'addition des cétones ne sont pas saturés. Effectivement la combinaison jaune



[1] *Arch. des Sciences phys. et nat.,* 4e période, t. 28, p. 390 (1909).

fixe encore deux molécules d'eau, tandis que le corps rouge orangé

$$SnCl_4,2CO<\begin{matrix}CH-CHC_6H_5\\CH=CHC_6H_5\end{matrix}$$

additionne encore une molécule de benzène. La première de ces combinaisons ternaires est incolore, la seconde est jaune; dans les deux cas, conformément à la théorie, il y a affaiblissement de la couleur.

G. Bredig (Zurich). *Synthèses asymétriques provoquées par les catalyseurs.* — L'auteur rappelle qu'il a montré, en collaboration avec K. Fajans, que l'on peut dédoubler un racémique (par ex. l'acide d-l-camphocarbonique) par l'action de catalyseurs optiquement actifs et de composition connue, comme la quinine et la quinidine. Ce dédoublement s'explique par une vitesse de réaction inégale. On sait que ce fait se produit aussi par l'action des ferments sur beaucoup de corps, par ex. sur les éthers-sels de l'acide amygdalique sous l'action d'une lipase (Dakine).

Cette différence spécifique au point de vue stéréochimique entre les formes *d* et *l* dans leur décomposition par les ferments, est ainsi corroborée par l'action de catalyseurs de constitution déterminée.

Mais les ferments provoquent aussi des synthèses asymétriques, dans lesquelles le carbone asymétrique se forme pendant la réaction. Dans ce processus, le ferment peut produire l'un des deux antipodes en quantité plus grande que l'autre. *L. Rosenthaler*, en faisant agir l'émulsine sur l'aldéhyde benzoïque et l'acide cyanhydrique, a obtenu le *d*-nitrile de l'acide amygdalique et l'acide amygdalique gauche correspondant. Comme des traces de bases activent énormément la synthèse des nitriles à partir de l'acide cyanhydrique et d'aldéhydes ou de cétones, l'auteur, en collaboration avec *P.-S. Fiske*, s'est posé la question, si les bases optiquement actives employées comme catalyseurs à la place de l'émulsine ne pourraient pas donner lieu à la synthèse asymétrique d'un nitrile. Par addition d'une petite quantité d'un alcaloïde, ils ont réussi à activer considérablement la synthèse du nitrile de l'acide amygdalique au moyen de l'acide cyanhydrique et de la benzaldéhyde et de l'obtenir partiellement asymétrique.

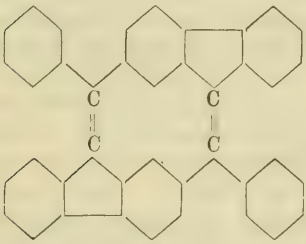
En présence de l-quinine comme catalyseur, on obtient le d-nitrile, qui donne ensuite l'acide l-amygdalique. La d-quinidine donne le l-nitrile, qui se transforme à son tour en acide d-amygdalique. Il est certain que dans de telles synthèses il subsiste encore beaucoup de racémique, mais on ne peut plus faire une différence de principe entre l'action du *ferment* et celle d'un catalyseur de constitution connue.

Dans ces dernières synthèses les fonctions et compositions des constituants du système étant connues et déterminées, l'étude des synthèses asymétriques par les catalyseurs de constitution connue peut avoir de l'intérêt pour les synthèses dûes aux ferments, spécialement en ce qui concerne la cinétique et la statique chimiques.

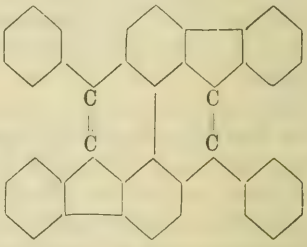
Par des expériences de contrôle, l'auteur a pu prouver que ces transformations par les catalyseurs ne se produisent que par synthèse et qu'elles ne peuvent être dues ni à un dédoublement de l'acide amygdalique racémique selon Pasteur, ni à la formation de produits intermédiaires dûs à la présence des alcaloïdes.

L'auteur remarque aussi que les nitriles se combinent aux alcaloïdes en présence de l'acide chlorhydrique ; cet inconvénient peut être diminué par l'emploi d'autres acides.

E. Ferrario (Genève). *Le mariène et ses dérivés.* — Si l'on fait réagir la soude caustique sur le benzoyl-2-fluorène à 260°, on obtient un corps jaune fusible à 225° qui ne contient que du carbone et de l'hydrogène. Il possède l'une des formules suivantes :

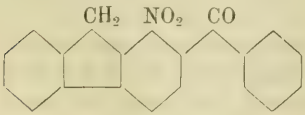


I

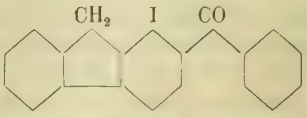


II

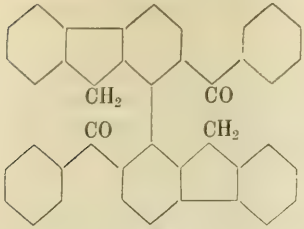
La formule I correspondrait au produit que l'on obtient en distillant le benzyl-2-fluorène sur la poudre de zinc. Par contre le corps II a été obtenu synthétiquement de la façon suivante : Par nitration du benzoyl-2-fluorène on obtient le mononitro-1-benzoyl-2-fluorène (III) qui par réduction donne son dérivé aminé. Ce dernier, diazoté puis traité par KI, donne un produit monoiodé (IV) ; par l'action du cuivre métallique, suivant la méthode d'Ullmann, il se forme le corps V ; en chauffant celui-ci avec la soude caustique à 180°, on obtient, par perte de 2 molécules d'eau, le diphényl-mariène II.



III



IV



V

Tad. v. Estreicher (Fribourg). *Recherches calorimétriques sur le chlore aux basses températures.* — Le chlore liquide n'a été étudié calorimétriquement jusqu'à présent que par Knietsch, qui a trouvé qu'entre 0 et 24° sa chaleur spécifique est de 0.2262 Cal.

Ce travail, publié en résumé dans les comptes rendus du 5e Congrès de Chimie appliquée (Berlin 1903), ne renferme aucune donnée sur la méthode employée. Comme le chlore solide n'a été l'objet d'aucune recherche, l'auteur, en collaboration avec M. Staniewski, a entrepris la détermination de la chaleur spécifique et de la chaleur de fusion de cet élément en employant la méthode des mélanges. Le récipient calorimétrique d'Heraeus était en argent, doré intérieurement, et d'une contenance de 500 cc. Le thermomètre calorimétrique provenait de L.-C. Baudin à Paris. Le chlore liquide était renfermé dans un récipient de verre formé d'un tube capillaire soufflé. Bien que les parois de ce vase fussent minces, elles pouvaient supporter la pression du chlore à la température ordinaire.

La quantité de chlore était de 15,0722 gr.

Les déterminations ont été comprises entre les températures de -192° (air liquide), -108° (éthylène liquéfié) -80° (CO_2 solide) et la température ordinaire.

Le récipient de verre contenant le chlore était plongé dans le bain réfrigérant. Lorsqu'il avait atteint la température convenable, on le sortait rapidement et le liquide réfrigérant était éliminé avec du papier à filtrer, puis on le plongeait dans le calorimètre. Ce procédé simple et rapide donne des résultats plus exacts, ainsi que le prouvent les mesures de Schmitz (Proc. Roy. Soc. *72*. 177. 1903).

Malgré ce traitement, le vase de verre à parois minces a supporté 24 essais, dont 12 fois rempli de chlore et 12 fois vide, étant refroidi à la température de l'expérience puis plongé brusquement dans l'eau à la température ordinaire. Il est vrai que 10 récipients pleins ont sauté avant que l'on eût trouvé la forme convenable.

De ces essais il ressort que la quantité de chlore indiquée

ci-dessus absorbe entre -80° et 15.41° 320.65 cal., ce qui donne pour la chaleur spécifique entre les limites ci-dessus 0.2230 cal., valeur qui, comme on pouvait s'y attendre vu la basse température, est un peu inférieure à celle obtenue par Knietsch.

Entre -108° et +15,41° le chlore emploie 755.47 cal., ce qui, en tenant compte des résultats ci-dessus, donne 23.349 cal. par gramme entre -108° et -80°.

Enfin entre -108° et +15.41°, il fixe 755.47 cal., ce qui représente 183.11 cal. soit pour la chaleur spécifique du chlore solide entre -192° et -108°, 0.1446 cal. La chaleur atomique du chlore ressort à 5,13, valeur un peu plus faible que la chaleur atomique moyenne de cet élément.

Bien que le point de fusion du chlore ne puisse être considéré jusqu'à présent comme absolument fixé, en admettant F = -103°.5 la chaleur de fusion serait 22,96 cal.

L'auteur remarque cependant qu'une erreur de 1° dans la détermination du point de fusion n'exerce pas une grande influence et ne modifierait la valeur de cette constante que de 0.078 cal.

K. Jablczynski (Fribourg). *Réactions dans les systèmes hétérogènes.* — L'idée que le processus cinétique d'un système hétérogènes (solide-liquide) dépend de la diffusion, a eu des conséquences scientifiques très heureuses et il était — semble-t-il à l'auteur — utile d'appliquer le principe de la diffusion à d'autres systèmes hétérogènes, par exemple solide-gaz. C'est ainsi que l'absorption de l'anhydride carbonique d'un courant gazeux par la potasse caustique peut être considérée comme un processus de diffusion.

Pression partielle de CO_2 en mm. Hg	Anhydride carbonique absorbé en %
18.48	16.69
29.92	16.02
37.31	16.52
42.73	16.32

L'anhydride carbonique absorbé est donc indépendant de sa concentration dans le milieu gazeux.

Ch. Dhéré (Fribourg). *Sur la préparation et quelques propriétés physico-chimiques des protéines déminéralisées.* — L'auteur montre qu'il y a un grand avantage à employer la *dialyse électrique* (dialyse dans un champ électrique) pour déminéraliser complètement les protéines déjà débarrassées de la majeure partie de leurs impuretés minérales par la dialyse ordinaire. Il présente et décrit divers appareils utilisables pour cette purification com-

plémentaire. Ses recherches ont porté sur les albumines du sérum et sur la gélatine.

1° *Sérum déminéralisé.* Du sérum de veau complètement déminéralisé avait une *conductivité spécifique* de 3.8×10^{-6} la concentration en albuminoïdes étant de 8.4 gr. par litre. Ce sérum était nettement *acide* au tournesol. Il précipitait abondamment par addition de 10 à 15 % d'alcool absolu. Enfin, et c'est là sa propriété la plus remarquable, il devient *louche déjà à 39°* (au bout de 15 minutes), c'est à dire à la température normale de l'animal. Ce louche tient à une coagulation partielle ; il n'apparaît plus à la température indiquée si le sérum a été additionné d'une trace infime de chlorure de sodium.

2° *Gélatine déminéralisée.* Une solution à 7.3 gr. par litre avait *une conductivité spécifique* de 5.2×10^{-6}. Cette gélatine forme des solutions ou gelées opalescentes entre certaines limites de concentration. L'opalescence est très forte au voisinage de 2 %; elle devient assez faible à 5 % et disparaît sensiblement à 10 %. Cette gélatine gonflée par un séjour de 6 heures dans de l'eau à 32°, puis refroidie, présente aussi une forte opalescence.

La gélatine déminéralisée est *électronégative* bien que très nettement *acide* au tournesol; l'addition d'une trace d'acide sulfurique la rend électro-positive.

M. le Dr Ciechomski (Fribourg), remplaçant M. le prof. J. de Kowalski, montre une série d'*expériences sur la fluorescence et la phosphorescence.*

Pour la fluorescence on utilise le dispositif décrit par H. Lehmann (Iena) et modifié par J. de Kowalski.

La lumière d'une forte lampe à arc passe au travers d'une lentille de quartz qui la rend parallèle, puis elle traverse une solution aqueuse de sulfate de cuivre et de sulfate de nickel. Cette solution est contenue dans un cylindre fermé de 8 cm. de diamètre et de 50 cm. de longueur, terminé aux deux extrémités par des plaques de quartz. Cette solution absorbe les rayons calorifiques, une partie des rayons rouges et les rayons compris entre 420 μμ et 375 μμ.

Une solution aqueuse de nitrosodiméthylaniline de 4 cm. d'épaisseur, combinée avec le verre bleu-uviol, absorbe les autres rayons et les longueurs d'ondes plus petites que $\lambda = 280$ μμ. Les rayons qui traversent ($\lambda = 375$ μμ à $\lambda = 280$ μμ) sont concentrés par une lentille de quartz.

L'ensemble de l'appareil est hermétiquement fermé et permet ainsi d'observer les phénomènes de fluorescence de très faible intensité.

L'opérateur fait voir la fluorescence des substances suivantes : fluorine, aragonite, platinocyanures de K, Na, Li et Ca, verre

d'urane, paraffine, peau de la main, ongles, œufs, œil d'un veau, orange, solutions de fluorescéine, rhodamine, esculine, sulfate de quinine, β-méthylombelliférone, β-phénylombelliférone, diphénylméthane, anthracène (solide, en vapeurs et en solution alcoolique), pétrole.

Pour montrer la phosphorescence de substances organiques à basses températures, on utilise une lampe à mercure d'Heraeus comme source lumineuse. Cette lampe est enfermée dans une boîte dont le fond porte une ouverture ronde avec fermeture à déclic. Une capsule à vide de Dewar d'environ 12 cm. de diamètre est remplie d'air liquide et placée sous la lampe. La substance à essayer, introduite dans une poche en tôle émaillée, est solidifiée par l'air liquide, puis est éclairée un instant par la lampe. Un éclairement d'une durée de 5 secondes suffit pour produire la phosphorescence.

Un dispositif analogue légèrement modifié permet de montrer à la société la phosphorcesence des o, m, et p-toluidines. La phosphorescence de la para-toluidine est d'une durée plus grande et d'une intensité plus considérable que celle de ses isomères.

A. Brun (Genève) communique que les recherches qu'il a poursuivies depuis dix années sur différents volcans du monde, ont démontré que le *panache blanc des volcans en phase paroxysmale* est formé par des particules salines très ténues et par différents gaz mélangés à de l'air atmosphérique.

Comme certains de ces sels et de ces gaz se combinent à l'eau, il en résulte que l'exhalaison volcanique doit déshydrater l'atmosphère.

L'auteur a pu donner, en 1910 au Kilauea, la preuve directe de cette déshydratation, en effectuant des dosages de vapeur d'eau dans le cratère et dans l'atmosphère.

A la fin de la séance, le président remercie les membres de la Société habitant Fribourg, et tout particulièrement M. et Mme Bistrzycki et M. et Mme von Estreicher de leur aimable réception et de leur cordiale hospitalité.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 19 octobre 1910

R. Bieler. Crâne du crocodile d'Afrique. — P.-L. Mercanton. Ecoulement du glacier inférieur d'Arolla.

M. S. Bieler présente un *crâne de crocodile d'Afrique* et en démontre les particularités.

M. P.-L. Mercanton traite de *l'écoulement du glacier inférieur d'Arolla*[1].

Séance du 2 novembre

De Wilde. Sables aurifères de quelques fleuves de l'Europe centrale. — — P.-L. Mercanton. Aimantation d'un certain nombre d'échantillons de diabase. — Le même. Bois de renne et fanon de baleinoptère. — F.-A. Forel. Bois de renne. — Le même. L'iris des lacs.

M. P. Dutoit présente en son nom et au nom de M. de Wilde un travail sur les *sables aurifères de quelques fleuves de l'Europe centrale.*

M. Paul-L. Mercanton a étudié *l'aimantation d'un certain nombre d'échantillons de diabase* récoltés par lui au Spitzberg en août 1910, et dont il avait soigneusement repéré au préalable l'orientation par rapport à la verticale du lieu. Ces diabases constituaient des nappes incluses dans le triasique.

Deux échantillons provenaient de la nappe couronnant la chaîne du Mont Middelhœk, au-dessus du Cap Wijk, Dicksonbay, Isfjord. Ils ont fourni deux résultats concordants : à l'époque de la solidification des laves l'inclinaison magnétique terrestre était forte et

[1] Voir *Archives,* 1910, t. XXX, p. 314.

boréale. Ils sont en effet tous deux aimantés fortement nord à leur face inférieure et sud à leur face supérieure.

Trois autres blocs proviennent du banc inférieur de diabase, qui émerge du trias au flanc du mont dominant la mer, entre la vallée de Geer et le Mont Marmier, dans la Sassenbay. De ces trois, un gros bloc cubique a présenté une forte aimantation nord à la face supérieure, sud à la face inférieure ; ces deux faces étaient horizontales sur le terrain.

Un échantillon plus petit, de forme irrégulière, a été mis par la taille (à l'émeri) en forme plus commode pour l'examen. Ses fragments ont tous accusé, mais peu nettement, la même distribution magnétique que le cube précité.

Un troisième échantilllon, également équarri, avait une aimantation extrêmement forte, quasi horizontale.

Il y a là une divergence dont l'explication ne peut être fournie que par de nouvelles recherches.

L'étude actuelle est trop sommaire pour autoriser des conclusions détaillées. Un fait est acquis, cependant, semble-t-il, l'état magnétique des deux coulées de diabase est différent. On peut en inférer ou bien que les deux nappes ne sont pas contemporaines, ou qu'une des deux, au moins, n'est plus dans sa position initiale. Cette seconde hypothèse est battue en brèche par ce fait que la stratigraphie des deux régions est chronologiquement normale et non inverse.

Quoi qu'il en soit, d'autres prises d'échantillons sont nécessaires, et une étude systématique des diabases de l'Isfjord serait des plus instructives pour la géophysique.

M. Mercanton présente également un *bois de renne* adulte et un *fanon de baleinoptère* (baleine bleue, blahohal) provenant de Queensbay, Isfjord.

M. F.-A. Forel présente à la Société et offre au Musée cantonal de géologie, au nom de MM. Dubois, horloger, et Mercanton, professeur, à Lausanne, un morceau de *bois de Renne* trouvé vers le 21 octobre dans la gravière Clerici, au nord-ouest de la gare de Renens. Le gisement exact du fossile n'a pu être précisé, l'ouvrier qui l'avait recueilli étant parti lorsque l'enquête a été faite par M. Forel ; mais il paraît évident que l'os était dans le gravier glaciaire de la colline, aujourd'hui en exploitation.

Cette colline est donc paléontologiquement contemporaine de la terrasse supérieure de St-Prex et de la ballastière de Cully où des os de renne ont été recueillis. (Cf. Bull. VI, 460 et XII 190). C'est par erreur que, dans cette dernière citation, les os de renne et de

cheval trouvés en 1872 ont été attribués à la ballastière du Boiron; ils venaient de la ballastière de St-Prex.)

M. F.-A. Forel. *L'Iris des lacs.* — J'ai cherché l'occasion de vérifier l'explication de C. Schröter, dont j'ai parlé dans la séance du 4 mai. D'après cette théorie, l'iris serait un spectre, un arc-en-ciel formé sur les gouttes de rosée, qui auraient été déposées sur une tache d'huile étalée à la surface du lac. Les conditions nécessaires de son apparition seraient donc : pour un spectateur ayant devant lui la nappe du lac lorsqu'il tourne le dos au soleil, que le brouillard ait reposé pendant quelque temps sur le lac, que le soleil perce le rideau des brumes, que le lac soit calme, qu'il présente quelque tache d'huile.

Les conditions me semblant favorables le 29 septembre 1910, je partis pour Genève où j'arrivai à 10 $^1/_2$ h. et je me rendis de Genève à la Belotte en longeant la côte de Cologny entre 11 h. et midi; le brouillard qui avait régné jusqu'alors se levait et j'avais le soleil derrière moi lorsque je regardais le lac. Je vis apparaître très nettement l'iris, bande blanchâtre, bleuâtre, avec le rouge à l'extrémité extérieure, des deux côtés du plan vertical antisolaire, qui se déplaçait à mesure que j'avançais sur la rive. La tache d'huile qui le produisait était éloignée de plus d'un kilomètre ; aussi le spectre n'était pas si brillant que celui décrit par Wartmann ; mais les conditions voulues étaient représentées et le phénomène étant apparu, j'estime y trouver une bonne vérification de la théorie de C. Schröter.

Séance du 7 décembre

E. Wilczek. Gentiana verna. — J. Perriraz. Biologie florale des Hortensias. — F. Jaccard. Climat de la Suisse.

M. E. Wilczek présente une étude sur le *groupe du Gentiana verna.*

M. J. Perriraz présente le résultat de ses recherches sur la *Biologie florale des Hortensias.*

Les hortensias (Hydrangea hortensis ou opuloïdes) font partie de la famille des Saxifragées; ils sont cultivés dans nos régions plus spécialement dans leur variété Otaksa, ceci d'après les dictionnaires d'horticulture (Nicholson). Le moment de la pollinisation arrivé, les anthères viennent s'appliquer contre les stigmates par un mouvement lent ; les pétales tombent alors. Une erreur généralement répandue est la suivante : on admet que la fleur centrale de l'ombellule est seule complète, les autres étant imparfaites ; ce

n'est pas le cas : toutes les fleurs sont normalement conformées, mais les externes, malgré de nombreux essais de pollinisation artificielle ne peuvent donner de graines.

Au point de vue théorique, on doit avoir affaire, non à une variété, mais à un hybride de variété. En effet, certaines plantes montrent un caractère régressif par réduction des organes dans la formation des graines : ce sont les fleurs des ombelles pleines ; d'autres, par contre, donnent l'inverse, soit la tendance à produire des graines dans la majorité des fleurs par transformation des fleurs ordinairement stériles en fleurs fertiles ; le cas est moins fréquent. On aurait aussi les caractères d'une espèce type et d'une de ses variétés. On rencontre de très nombreuses anomalies florales qui viennent corroborer cette assertion.

Parmi les monstruosités affectant toute la plante, citons un cas de biastrepsis, soit de torsion générale des tiges, il est curieux de constater un fait semblable dans une espèce que l'on reproduit par voie végétative.

Les principales anomalies florales sont des duplicatures des pétales et sépales, des torsions dans les limbes, la présence d'un nombre variable d'étamines et de carpelles plus ou moins déformés.

M. Frédéric Jaccard, privat-docent, présente à la Société l'ouvrage récemment paru *Das Klima der Schweiz* (Climat de la Suisse). La Fondation von Schnyder von Wartensee avait institué, en 1900, un concours avec prix sur le sujet suivant : « Le climat de la Suisse d'après les moyennes de 37 années d'observations des stations météorologiques suisses et à l'aide des séries d'observations plus anciennes existantes. »

Ce n'est qu'en 1908 que le prix put être accordé pour l'ouvrage présenté par MM. Dr Julius Maurer, directeur de l'Etablissement central météorologique de Zurich ; Dr Robert Billeviller, jr., son assistant, et Dr Clément Hess, de Frauenfeld.

Grâce à une subvention fédérale, les auteurs ont pu publier, en deux volumes, leur travail si considérable et si palpitant d'intérêt à tant de points de vue.

Le premier volume contient la description climatique de la Suisse en général et des diverses régions climatiques qui la composent. Dans le second volume se trouvent les tables des moyennes de plus de 95 stations.

M. Jaccard a pensé qu'il serait intéressant de présenter à la Société le tableau des moyennes qui servent à caractériser le climat de Lausanne, moyennes qu'il a collationnées des deux volumes sus-mentionnés.

Séance du 21 décembre

J. Amann. Un cas intéressant de maladie de l'acier. — Le même. Etude ultramicroscopique des solutions de l'iode. — Le même. Bactéries de l'eau potable. — J. Perriraz. Déformation de l'ovaire des roses par un champignon. — Le même. Dalle de granit de Baveno déformée.

M. J. Amann fait une communication sur *un cas intéressant de maladie de l'acier*. Il s'agit d'un câble de chemin de fer funiculaire qui se rompit brusquement avec une très faible charge par suite de la corrosion des torons d'acier, due probablement à l'action d'acides organiques faibles, suivie d'une désagrégation moléculaire de la partie non corrodée. Ce changement d'état moléculaire a eu pour effet de réduire à 0 la résistance à la traction du câble.

M. Amann voit dans cette désagrégation moléculaire de l'acier étiré, consécutive à une action chimique superficielle, une *maladie* analogue à celle que le prof. Cohen, d'Utrecht, a décrite sous le nom de *maladie d'écrouissage*.

M. J. Amann présente à la Société le résumé des résultats de *l'étude ultramicroscopique des solutions de l'iode*, entreprise il y a une année et terminée maintenant. Le travail en question paraîtra dans le bulletin de la Société.

M. J. Amann parle ensuite de *l'application de l'ultramicroscope à la numération directe des bactéries de l'eau potable*. Ce travail a paru dans le *Journal suisse de chimie et pharmacie* et dans le *Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde*.

M. J. Perriraz. — *Déformation de l'ovaire des roses par un champignon*. — On sait que les roses sont sujettes à de nombreuses infections cryptogamiques. Il y a des déformattions subséquentes dans les tiges, les feuilles, les fleurs.

Une d'entre elles consiste dans la disparition plus ou moins complète de la partie ovoïde qui est sous la fleur et sur laquelle s'insèrent les pétales.

En effet, le champignon provoque un grossissement graduel de la tige qui a la forme d'une pyramide renversée et les graines se trouvent sur un espace de 7 à 8 cm. quelquefois, elles sont disposées sans ordre apparent.

Nous avons eu l'occasion d'en observer un exemplaire qui ne montrait aucune atteinte cryptogamique, mais les branches voisines étaient infectées. Cela prouverait que le mycelium du cham-

pignon avait sécrété des toxines ou des agents chimiques qui, circulant avec la sève, avaient provoqué une déformation semblable à celle produite par la présence du champignon.

M. J. Perriraz. — *Dalle de granit de Baveno déformée.* — Un bloc de granit de Baveno ayant été écorné, il fut nécessaire de lui enlever une dalle de 5 cm. environ pour lui rendre sa forme primitive. Cette dalle fut laissée appuyée contre d'autres de compositions différentes. Au bout de quelque temps toute la masse subit une modification et la surface sciée se voila, se transformant en une surface gauche. La dénivellation atteignait 1,5 cm. de flèche dans la région la plus déformée. Cette transformation s'est faite d'une façon continue et dans un laps de temps relativement court. Faut-il attribuer ce phénomène à un fait d'hydratation ? Nous ne le croyons pas ; il semble plus probable que nous avons affaire à une masse granitique à l'intérieur de laquelle des pressions inégales subsistaient peut-être déjà dès sa formation, et que les pressions extérieures changeant, la dalle aura pris son état d'équilibre : il est évident que cela ne peut être qu'une hypothèse.

M. Murisier présente un *axolotl (Siredon axolotl Wagl.)* élevé à l'aquarium du laboratoire de zoologie depuis le début de l'année 1906. Cet individu d'une couleur noire normale jusqu'au commencement de juin 1910, présenta à cette époque, sur le museau d'abord, puis sur l'extrémité de la queue et des pattes, des taches blanches dont l'étendue alla en augmentant jusqu'au mois d'octobre, moment où cette dépigmentation parut s'arrêter. Actuellement, cet axolotl présente la tête, le ventre, la queue et les pattes d'un albinos, le dos et les flancs gris sale. Les branchies ont passé du noir au rouge, et les yeux eux-mêmes paraissent avoir perdu une notable partie de leur pigment.

Dans la peau des parties du corps en voie de dépigmentation, les cellules pigmentaires intraépidermiques ont presque totalement disparu, et on ne rencontre plus trace des chromatophores étoilés du derme ; par contre, les lymphatiques du tissu sous-cutané renferment de nombreuses cellules conjonctives migratrices, littéralement bourrées de pigment. Il y a là un phénomène de migration pigmentaire à direction centrifuge.

Les causes de cette dépigmentation sont difficiles à définir. Parmi un certain nombre d'axolotls soumis exactement aux mêmes conditions d'existence, c'est le seul cas de ce genre qui se soit produit.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

MATHÉMATIQUES

A. Kneser. Die Integralgleichungen und ihre Anwendungen in der mathematischen Physik (1 vol. 8°, 242 p. Vieweg u. Sohn Brunswick 1911).

Une équation différentielle c'est, comme chacun sait, une équation qui contient l'inconnue engagée sous des signes de dérivation. De même on nomme *équation intégrale* celle où l'inconnue figure sous des signes d'intégration. Mais tandis que la théorie des équations différentielles, cultivée dès l'origine du calcul infinitésimal, a constitué de tout temps un des chapitres essentiels de cette science, celle des équations intégrales a vu le jour, il y a une dizaine d'années à peine, à la suite des célèbres travaux de MM. Fredholm et Volterra. Depuis lors elle occupe une place centrale dans les recherches des mathématiciens et son importance pour les applications, notamment en Physique mathématique, n'a cessé de grandir chaque jour.

Si, au point de vue théorique, les analogies des équations intégrales avec les équations linéaires de l'Algèbre ordinaire, si frappantes, rendent les résultats très intéressants et fort souvent intuitifs, au point de vue pratique, il semble bien que cette théorie constitue un auxiliaire des plus puissants pour aborder et vaincre les difficiles problèmes de la Physique mathématique, intégration des équations aux dérivées partielles, valeurs au contour, représentation des fonctions arbitraires en séries de fonctions orthogonales, etc.

Malgré la variété et la haute portée des résultats déjà acquis cette branche nouvelle de la science est, on le comprend, en travail constant d'élaboration et de transformation. Aussi bien, la littérature du sujet se trouve presque uniquement dans les mémoires originaux; les seuls traités élémentaires qui puissent guider le commençant sont, à ce jour, ceux de MM. Bocher et Kowalewski, auxquels il faut joindre les Exercices d'Analyse de M. d'Adhémar.

Le nouveau livre de M. Kneser, qui se propose de contribuer à

une vulgarisation nécessaire, sera donc le bienvenu; d'autant plus que l'auteur, à l'inverse de ses prédécesseurs, se place dès le début sur le terrain des applications. Des six chapitres de l'ouvrage, le dernier seul est purement théorique et est consacré aux séries de Fredholm. Dans les cinq premiers, le lecteur voit les équations intégrales aux prises, tour à tour, avec les problèmes classiques de la Physique, Conductibilité calorifique, mouvements oscillatoires, problème de Sturm-Liouville, Potentiel et problème de Dirichlet. L'élégance et la puissance des nouvelles méthodes ne peuvent manquer de frapper le lecteur dès le premier chapitre. D'un seul cas particulier, du développement d'un certain noyau en série bilinéaire, on voit sortir, comme par enchantement, la série de Fourier dans toute sa généralité, ou presque. Les chapitres suivants établissent des faits analogues pour les polynômes de Legendre, les séries de fonctions besséliennes, etc.

Issu d'un cours donné par l'auteur à l'Université de Berlin en 1909, le livre de M. Kneser n'est pas un exposé complet et systématique de l'état actuel de la théorie des équations intégrales. Il a surtout pour but d'éveiller l'attention, de pousser l'esprit à faire, dans le domaine de la Physique mathématique, des comparaisons entre les anciennes et les nouvelles méthodes. Il y a pleinement réussi; le nom de l'auteur, la capitale importance du sujet, la manière très attrayante avec laquelle il est présenté, lui sont de sûrs garants de succès.

C. C.

PHYSIQUE

Karl Scheel. Grundlagen der praktischen Metronomie, *die Wissenschaft*, Heft 36., 1 vol. de 168 pages avec 39 figures dans le texte Fr. Vieweg u. Sohn, Brunswick, 1911.

La riche collection de monographies scientifiques éditée par la maison Vieweg, de Brunswick, sous le titre *die Wissenschaft*, est parvenue à son 36me volume qui traite des bases de la métronomie pratique.

S'il est une notion à placer à la base de l'enseignement de la physique et des sciences exactes en général, des procédés dont le physicien de carrière doive avoir la plus entière connaissance et la pratique la plus constante et la plus aisée, ce sont les procédés de mesures, mesures de longueurs ou de distances, mesures de volumes, mesures de masses, qui conduisent elles-mêmes aux mesures de toutes les constantes physiques, géodésiques, astronomiques, etc.

Les méthodes de mesures exactes ne sont pas utilisées par la

seule science ; ses nombreuses applications dans tous les domaines, notre vie sociale toute entière, réclament leurs services.

Les gouvernements de nos divers Etats l'ont si bien compris qu'ils se sont entendus pour internationaliser cette branche des connaissances humaines et chacun sait les services incalculables qu'a déjà rendus à la science et à notre civilisation moderne, le *Bureau International des Poids et Mesures*, puissamment aidé par d'autres établissements d'État en tête desquels il importe de citer la *Physikalisch-Technische Reichsanstalt* de Charlottenbourg.

C'était donc faire œuvre utile tant pour les laboratoires d'études physiques que pour les praticiens ou ingénieurs de toutes sortes de présenter à ce nombreux public de chercheurs et de travailleurs un exposé concis, pourtant complet et facilement compréhensible des méthodes ou appareils de mesures métronomiques et des derniers perfectionnements qui y ont été apportés. C'est cette œuvre qu'a menée à bien le savant professeur Karl Scheel, membre de la *Reichsanstalt* en rédigeant pour la *Wissenschaft* et à la demande de M. Eilh. Wiedemann, son directeur, le volume que nous signalons ici à nos lecteurs.

Pour être absolument au courant des divers progrès accomplis cet excellent petit livre devait faire de nombreux emprunts aux travaux qui se poursuivent sans relâche dans les institutions que nous venons de nommer. C'est ce que son auteur a fait très consciencieusement, en effet, en citant en particulier très fréquemment les nombreuses publications de notre ami C.-E. Guillaume le distingué physicien attaché au *Bureau International des Poids et Mesures*. Pas n'est besoin pour nous, semble-t-il, de recommander plus amplement à nos lecteurs le nouveau traité de métronomie de M. Scheel.

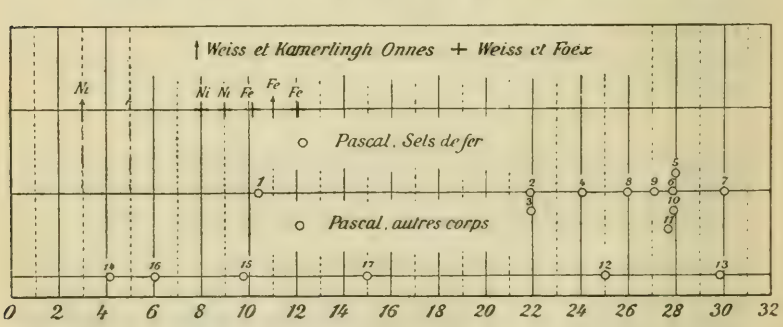
Pierre Weiss. Sur la grandeur du magnéton déduite des coefficients d'aimantation des solutions des sels de fer. *C. R. de l'Académie des Sciences*. Séance du 13 février 1911.

Je me propose de préciser d'abord numériquement le degré de concordance des saturations moléculaires des sels de fer dissous, calculées par la théorie cinétique, avec des multiples entiers du magnéton-gramme m. J'appelle ainsi la partie aliquote commune aux saturations moléculaires du fer et du nickel aux très basses températures $m=1123,5$.

Le Tableau suivant contient les données relatives aux onze sels de fer mesurés par Pascal. Elles sont représentées dans le graphique que je reproduis plus bas :

Numéro du graphique	Substance	σ_m Saturation moléculaire	$n = \frac{\sigma_m}{1123,5}$	n' nombre entier	$n'-n$	$\frac{n'-n}{100\,n'}$
1.	Ferricyanure de potassium .	11 700	10,41	10	−0,41	−4,15
2.	Pyrophosphate ferrique et d'ammonium.....	24 600	21,89	22	+0,11	+0,50
3.	Citrate ferrique et d'ammonium.....	24 680	21,96	22	+0,04	+0,16
4.	Ferripyrophosphate de Na .	27 100	24,04	24	−0,04	−0,15
5.	Ferrimétaphosphate de Na .	31 500	28,03	28	−0,03	−0,10
6.	Chlorure ferrique	31 390	27,93	28	+0,07	+0,25
7.	Sulfate ferrique.....	33 800	30,09	30	−0,09	−0,30
8.	Ferrométaphosphate de K..	29 200	25,99	26	+0,01	+0,05
9.	Ferrooxalate de Na.....	30 480	27,11	27	−0,11	−0,47
10.	Ferropyrophosphate de Na .	31 370	27,91	28	+0,09	+0,32
11.	Sulfate ferreux	31 120	27,69	28	+0,31	+1,10

Les saturations moléculaires ont été déduites des coefficients d'aimantation corrigés de l'influence des atomes diamagnétiques dans la molécule. Cette correction, fondée sur l'additivité du diamagnétisme, démontrée par Pascal, est le plus souvent petite. En l'omettant on ne changerait pas les conclusions, mais elle régularise les résultats. La quatrième et la cinquième colonne contiennent les nombres de magnétons donnés par l'expérience et les nombres entiers voisins. L'avant-dernière colonne donne la différence des deux nombres précédents. S'il n'y avait aucun lien entre la saturation moléculaire et le magnéton, cette différence prendrait toutes les valeurs entre 0 et 0,5 et serait en moyenne



1. Ferricyanure de potassium. — 2. Pyrophosphate de fer et d'ammonium. — 3. Citrate de fer et d'ammonium. — 4. Ferripyrophosphate de sodium. — 5. Ferrimétaphosphate de sodium. — 6. Chlorure ferrique. — 7. Sulfate ferrique. — 8. Ferrométaphosphate de potassium. — 9. Ferrooxalate de sodium. — 10. Ferropyrophosphate de sodium. — 11. Sulfate ferreux. — 12. Chlorure de cobalt. — 13. Sulfate de manganèse. — 14. Permanganate de potassium. — 15. Sulfate de cuivre. — 16 Sulfate de cuivre ammoniacal. — 17. Sulfate uraneux.

0,25. Pour qu'une expérience soit démonstrative, il faut qu'elle soit notablement plus petite, qu'elle tombe à quelques centièmes, par exemple.

La première et la dernière valeur exceptées, $n'—n$ est remarquablement petit. Pour la dernière (sulfate ferreux), il y a une divergence exceptionnellement grande avec la détermination de Liebknecht et Wills, on peut donc soupçonner une erreur expérimentale. La dernière colonne qui donne les différences pour cent permet de les mettre en rapport avec le degré de précision des expériences.

Faisant abstraction de tout renseignement préalable, je vais déduire de ces seules expériences une valeur du magnéton. — Les valeurs de σ_m des substances 2 et 3 d'une part, de 5, 6, 10, 11 de l'autre, sont sensiblement égales. Je forme les moyennes. Les cinq valeurs (2, 3), 4, 8, (5, 6, 10, 11), 7 forment une progression arithmétique, comme cela saute aux yeux dans le graphique. Je calcule (moindres carrés) la raison de cette progression et je trouve 2256,5. Divisant le terme du milieu 29200 par cette raison, je trouve 12,95. Elle est donc contenue 13 fois dans ce terme, au degré de précision des expériences et la progression a un terme nul.

J'utilise maintenant cette propriété pour calculer plus exactement la raison par les moindres carrés, et je donne à toutes les observations ayant contribué à la progression arithmétique des poids égaux. Je trouve ainsi pour la raison : 2244,2. La substance 9 montre que la partie aliquote commune à toutes les saturations moléculaires du fer ne peut être que la moitié de la raison : 1122,1. *Ce nombre ne diffère que de 1,3 millième de* 1123,5. *déduit des expériences faites à Leyde sur les métaux eux-mêmes dans l'hydrogène liquide.*

CHIMIE

A. Bistrzycki et M. Fellmann. Une ortho-oxyaldéhyde du triphénylcarbinol. *(Ber. d. Deutsch. chem. Ges. (1910) T. 43,* p. 3578-3586) ; Fribourg, Ier Laboratoire de Chimie de l'Université.

Lorsqu'on condense l'aldéhyde salicylique avec l'acide benzilique, en présence de $SnCl^4$, on obtient une combinaison double d'étain et de *l'acide oxy—4—aldéhyde—3—triphénylacétique* $(C^6H^5)_2\ C\ (CO^2H).\ C^6\ H^3.\ CHO.\ OH.$, qui fournit par élimination de $SnCl^4$ et cristallisation dans le toluène un acide fusible à 198-200°, renferment 1/2 mol. de toluène ; cet acide cristallise en

solution benzénique, il fond alors à 197-198° et perd à 75-80° la 1/2 molécule de benzène qu'il avait fixée.

Les auteurs décrivent plusieurs dérivés de cet acide. Lorsqu'on le dissout dans de l'acide sulfurique concentré, il se dégage CO et il se forme l'*oxy—4—aldéhyde—3—triphénylcarbinol* fusible à 123-124°. $(C^6H^5)_2$ C (OH). C^6H^3 (OH) (CHO). La solution jaune clair de ce produit dans l'acide acétique se colore par la chaleur et par addition de quelques gouttes d'acide sulfurique en jaune orange ; sa solution dans l'acide sulfurique concentré est rouge orange. Les auteurs n'ont pas pu l'obtenir sous deux formes isomères, comme c'est le cas du p—oxytriphénylcarbinol et de son homologue dérivé de l'o—crésol.

Si on chauffe l'oxy—aldéhydo—triphénylcarbinol avec de l'acide sulfurique concentré à 190-200°, puis à 210°, dans un courant d'air sec, de manière à éliminer l'eau qui prend naissance, il y a anhydridation et formation d'*aldéhydo—2—diphényl—7—7—quinométhane* $(C^6H^5)_2$ C=C^6H^3 (=O) (CHO).

R. Nietzki. Sur l'acide nitranilique. *(Ber. d. Deutsch. chem. Ges.*, t. 43 (1910), p. 3457 ; Laboratoire de l'Université. Bâle).

L'auteur a préparé autrefois l'acide nitranilique, entre autres par l'action du mélange sulfo-nitrique sur la diacétylhydroquinone ; d'autres méthodes ont été proposées depuis. Heule en particulier a perfectionné la méthode ci-dessus en opérant avec la turbine en vase émaillé. L'auteur a introduit un nouveau perfectionnement qui consiste à éviter d'isoler le dérivé acétylé. Il fait réagir l'anhydride acétique en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique sur l'hydroquinone et introduit directement le produit obtenu, en refroidissant, dans l'acide nitrique également refroidi ; on ajoute ensuite de l'acide sulfurique et après avoir abandonné pendant 13 heures le mélange dans de la glace, on le coule sur de l'eau glacée, on filtre et on introduit le produit filtré dans un mélange de glace et de lessive de potasse. On obtient ainsi 75-80 % du rendement théorique, en sel de potassium.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1910

Octobre

1127. Battelli (F.) und Stern (L.). Die Alkoholoxydase in den Tiergeweben. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **28.** 145.

926 *bis*. Burmann (James). Méthode exacte pour le dosage de la caféine dans les thés, les cafés verts et torréfiés. Aigle. Lab. de la Zyma. — *Annales ch. anal.* **15.** 379 et *Rép. de Pharm.* **22.** 481.

1128. Burri (R.) und Kürsteiner (J.). Untersuchungen über die Reifung der Käsereimilch. Liebefeld-Bern. Schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Molkerei-Zeitung* **20.** 457. 469. 481.

1129. Buss (Xaver). Untersuchungen über Arnolds Harnreaktion mit Nitroprussidnatrium. *Dissert.* Zürich (Prof. Eichhorst).

826 *bis*. Dorogi (Stefan Anton). Ueber Anilinschwarz. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

897 *bis*. Escher (Heinr. H.) Zur Kenntnis des Carotins und des Lycopins. *Dissert.* Zürich (Prof. Willstätter).

1043 *bis*. Estreicher (T.) und Schnerr (Al.). Ueber die Verdampfungswärme einiger verflüssigter Gase. Freiburg. Univ.-Lab. — *Anzeiger Akad. Wiss. Krakau* **1910.** 345.

1044 *bis*. Estreicher (T.) und Staniewski (M.). Calorimetrische Untersuchungen von Chlor in tiefen Temperaturen. Freiburg. Univ.-Lab. — *Anzeiger Akad. Wiss. Krakau* **1910.** 349.

1130. Freimann (Marie). Essais comparatifs sur la valeur des principales méthodes de détermination de l'acide carbonique de l'air. *Thèse.* Genève (Prof. Cristiani).

1131. Frenkel (Bronislaw). Ueber das Verhalten des Morphins im Froschorganismus. Zürich. Pharm. Inst. — *Arch. exper. Pathol.* **63.** 331.

1132. Gratcheff (Alexis). Contribution à l'étude de la récupération et de l'utilisation de l'acide nitrique synthétique. *Thèse*. Genève (Prof. Guye).

1008 *bis*. Guye (Ph. A.) et Drouginine (G.). Nouvelle revision du poids atomique de l'azote. Analyse exacte du peroxyde d'azote. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **8**. 473.

1133. Jaquerod (A.) et Tourpaïan (M.). Application du principe d'Archimède à la détermination exacte des densités gazeuses. Neuchâtel. — *Comptes rendus* **151**. 666.

1134. Joye (Paul). Influence de l'intensité maximum du courant sur le spectre de la décharge oscillante. Fribourg. Inst. de physique de l'Univ. — *Ann. ch. phys.* **21**. 148 et *Thèse*. Fribourg (Prof. de Kowalski).

1135. Koestler (G.) und Held (J.). Einige Kontrollaufzeichnungen über die Fabrikation von Tilsiterkäsen. Rütti-Zollikofen. Molkereischule. — *Molkerei-Zeitung* **20**. 519.

1136. Kouropatwinska (Stéphanie). Recherches sur l'action des solutions de chlorures alcalins sur la calcite et l'aragonite. *Thèse*. Genève (Dr Warynski).

1137. Kürsteiner (J.). Der Einfluss rostiger Milchaufbewahrungs- und Transportgefässe auf die Käsereimilch. Liebefeld-Bern. Schweiz. milchwirtschaftl. Anstalt. — *Milch-Zeitung* **39**. 496.

1138. Liebmann (David). Ueber Baryumphosphorvanadinmolybdate. *Dissert*. Bern (Prof. Friedheim).

1139. Mellet (R.). 6-Sulfo-β-naphtholazo-m-oxybenzoesäure, ein neuer Indicator für Alkalimetrie und Acidimetrie. Lausanne. — *Chem.-Zeitung* **34**. 1073.

780 *bis*. Michel (Franz). Ueber die Reaktion zwischen Sulfurylchlorid und Ammoniak. *Dissert*. Bern (Dr Ephraim).

1140. Oesterle (O. A.) und Johann (U.). Zur Kenntnis der Chrysophansäure. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **248**. 492.

1141. Oswald (Adolf). Neue Beiträge zur Kenntnis der Bindung des Jods im Jodthyreoglobulin. Zürich. Pharm. Inst. der Univ. und agrik.- chem. Lab. des Polytechn. — *Arch. exper. Pathol.* **63**. 263.

1142. Peter (A.) und Müller (F.) Kraftseparatoren zur Zentrifugieren der Molke. Rütti-Zollikofen. Bernische Molkereischule. — *Molkerei-Zeitung* **20**. 494.

1143. Tkéchélachvili (E.). Etude de quelques dérivés obtenus à partir de la 2.4-dinitroéthylaniline et du 2.4-dinitrophénétol. *Thèse*. Genève (Dr Darier).

704 *bis*. WIRTH (Theodor). Ueber Thioformamid und Kohlenmonosulfid. *Dissert*. Zürich (Prof. Willstätter).

Novembre

1144. ACKERMANN (Ed.) et VALENCIEN (C.). Contribution à l'analyse du lait. Genève. Lab. cant. — *J. suisse de chimie* 48. 741.

1145. BAMBERGER (Eug.) und FODOR (A.). Bildungsweisen des o-Nitroso-benzaldehyds. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 43. 3321.

1146. BATTELLI (F.) und STERN (L.). Die Aldehydase in den Tiergeweben. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr*. 29. 130.

1147. BISTRZYCKI (A.) und MAURON (Louis). Entcarbonylierung der durch Paarung von Phenyl-brenztraubensäure mit aromatischen Kohlenwasserstoffen entstehenden tertiären Säuren. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* 43. 2883.

1148. BURMANN (James). Sur la digitoxine dosée dans les feuilles et préparations de digitale. Aigle. Lab. de la Zyma. — *Bull. de la Soc. chimique* 7. 973.

1149. DAMJE (Wulf). Sur les phénanthrolines. *Thèse*. Genève (Dr Kaufmann).

1150. FELLENBERG (Th. von). Zum Nachweis von Harz in glasiertem Kaffee. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters*. 1. 301.

963 *bis*. FICHTER (Fr.) und TAMM (Walter). Die elektrolytische Reduktion aromatischer Sulfochloride. Basel. Anorg. Abt. der Chem. Anstalt. — *Berichte* 43. 3032.

1151. GRUTTERINK (Alide). Beiträge zur mikrochemischen Analyse einiger Alkaloide und Drogen. *Dissert*. Bern (Prof. Tschirch).

890 *bis*. GUREWITSCH (Morduch). Ueber einige Amidoderivate der Schwefelsäure. *Dissert*. Bern (Dr Ephraim).

385 *bis*. HELLER (Yoschua). Einwirkung von Benzoylchlorid auf Xanthen. *Dissert*. Bern (Prof. von Kostanecki).

837 *bis*. HEYMANN (Leonid). Ueber Doppelfluoride des einwertigen Thalliums. *Dissert*. Bern (Dr Ephraim).

1152. JETZER (Max). Untersuchung der symmetrischen p-Dialkyldioxychinone aus Fettsäureestern. *Dissert*. Basel (Prof. Fichter).

1153. Joffé (Izaak). Sur quelques composés organomercuriques. Nitration de l'acide benzylborique. *Thèse*. Genève (Dr Khotinski).

1154. Kowalski (J. de). La phosphorescence progressive à basse température. Fribourg. — *Comptes rendus* **151**. 810.

1155. Kowalski (J. de) et Dzierzbicki (J. de). Sur le spectre de phosphorescence progressive des composés organiques à basse température. Fribourg. — *Comptes rendus* **151**. 943.

761 *bis*. Melamed (Meilach). Action des dérivés organomagnésiens sur les éthers boriques. *Thèse*. Genève (Dr Khotinsky).

1156. Paterno di Sessa. Contribution à l'étude de la diazotation des fluorhydrates et considérations sur la constitution des diazoamido-composés. *Thèse*. Genève (Dr Cantoni).

1157. Pfeiffer (P.). Additionsprodukte von Zinnhalogeniden an Carbonylverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Annalen* **376**. 285.

1158. Pfeiffer (P.). Beitrag zur Theorie der Doppelsalze. Zürich. Chem. Univ-Lab. — *Annalen* **376**. 310.

1159. Pfeiffer (P.). Umlagerungen steroisomerer Aethylenverbindungen. Zürich. — *Berichte* **43**. 3039.

1160. Pfeiffer (P.) und Langenberg (A.). Ueber Maleinsäure- und Acrylsäure-pyridiniumbetain und ihre Salze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **43**. 2926.

722 *ter*. Pictet (Amé) et Gams (Alphonse). Synthèse de la papavérine. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **30**. 476.

1161. Reichinstein (D). Die oszillographische Untersuchung einiger elektrolytischer Vorgänge. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **16**. 916.

1162. Reverdin (Frédéric) et Luc (Armand de). Nitration comparative de quelques amines aromatiques mono et diacylées. Genève. — *Comptes rendus* **151**. 985.

1163. Schmidlin (Julius) und Bergman (Maximilian). Darstellung des Ketens aus Aceton. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **43**. 2821.

1164. Schmidlin (Julius) und Huber (Max). Dinaphthyl-methan und Naphthofluoren. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **43**. 2824.

1165. Schmidlin (Julius) und Lang (Rudolf). Beiträge zur Theorie organischer Reaktionen : Molekülverbindungen als erste Reaktionsstufe bei Kondensationen. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **43**. 2806.

1166. SCHUCHARDT (Edouard). Etude sur l'eau du Flon lausannois. *Thèse*. Lausanne (Prof. Seiler).

1167. SCHULZE (E.) und PFENNINGER (U.). Ein Beitrag zur Kenntnis der in den Pflanzensamen enthaltenen Kohlenhydrate. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **69**. 366.

1168. SCHULZE (E.) und TRIER (G.). Erwiderung auf R. Engelands Bemerkungen zu den Abhandlungen über die pflanzlichen Betane und über das Stachydrin. Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **69**. 326.

1169. STAUFFER (H.). Zur Kenntnis des Brasilins. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

838 *bis*. WEINBERG (S. Alexander). Ueber Doppelhalogenide des Antimons mit besonderer Berücksichtigung der tetravalenten Stufe. *Dissert.* Bern (Dr Ephraim).

1094 *bis*. WERDMÜLLER (J.-Otto). Ueber den Honduras-Balsam und über einen Myrocarpus-Balsam. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

1170. WILLSTAETTER (Richard) und CRAMER (Carl). Ueber Anilinschwarz. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **43**. 2976.

Décembre

1171. AMANN (J.). Le dosage réfractométrique des phosphates dans l'urine. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **48**. 766.

1172. AMANN (J.). Mesure rapide et exacte du poids spécifique des liquides par la méthode des deux flacons. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **48**. 810.

1173. BAMBERGER (Eug.). Notiz über das Verhalten von Essigsäureanhydrid bei hoher Temperatur. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **43**. 3517.

1174. BATTELLI (F.) und STERN (L.). Die Oxydation der Bernsteinsäure durch Tiergewebe. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **30**. 172.

1175. BERL (E.). Zur Theorie der Bleikammerprozesses und einige Notizen über Schwefelstickstoffverbindungen. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. angew. Ch.* **23**. 2250.

1176. BISTRZYCKI (A.) und FELLMANN (Martin). Ein ortho-Oxyaldehyd des Triphenyl-carbinols. Freiburg. I. Chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **43**. 3579.

1177. Brun (Albert). Quelques recherches sur le volcanisme. Le Kilauea. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **30.** 576.

1178. Camhi (David-R.). Ueber complexe Chromsalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

1179. Duboux (Marcel). Sur l'analyse physico-chimique des vins; mode opératoire. Lausanne. — *Annales ch. anal.* **15.** 453.

1180. Einstein (A.). Bemerkung zu dem Gesetz von Eötvös. Zürich. — *Ann. der Physik* **34.** 165.

1181. Einstein (A.). Eine Beziehung zwischen dem elastischen Verhalten und der spezifischen Wärme bei festen Körpern mit einatomigem Molekül. Zürich. — *Ann. der Physik* **34.** 165.

1182. Fabrikant-Gokun (Tscharna). Ueber den Einfluss einiger Salze auf die zeitlichen Veränderungen der Viscosität von Colloïden. *Dissert.* Zürich (Prof. Zangger).

1183. Fellenberg (Th. von). Ueber Farbenreaktionen aromatischer Aldehyde und ihre Anwendbarkeit bei der Analyse von Spirituosen. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **1.** 311.

1184. Fellenberg (Th. von). Ein neues Colorimeter. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **1.** 351.

1185. Fellenberg (Th. von). Ueber den Jamaikarum und seine höhern Alkohole. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **1.** 352.

1186. Fichter (Fr.) und Rohner (Franz). Ueber einige Derivate des Chindolins. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **43.** 3489.

1187. Fichter (Fr.) und Sjöstedt (Ph.) Die elektrolytische Oxydation aromatischer Sulfide. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt. — *Berichte* **43.** 3422.

1188. Gassmann (Th.). Chemische Untersuchungen von gesunden und rhachitischen Knochen. Zürich. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **70.** 161.

1189. Jablczynski (K.) und Jablowski (St.). Reaktionen in heterogenen Systemen. Einfluss von Alkohol. Freiburg. Physikal. Lab. der Univ. — *Zeitschr. physikal. Ch.* **75.** 503 und *Anzeiger Akad. Wiss. Krakau* **1910.** 287.

1190. Jenzer (Rudolf). Pharmakognostische Untersuchungen über Pilocarpus pennatifolius und Erythroxylon Coca. *Dissert.* Bern (Dr Tunmann).

1087 *bis.* Johann (Ulrich). Ueber die Chrysophansäure und die sog. Methylchrysophansäure. *Dissert.* Bern (Prof. Oesterle).

1191. Lewin (Jona). Zur Kenntnis des Catechins. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

1192. Lichtenbaum (J.). Ueber einige Derivate des 1-Benzoylcumarons. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

1193. Loeb (Adam). Ueber den Eiweissstoffwechsel des Hundes und über die Abscheidung der Galle bei Fütterung mit Eiweiss und Eiweisssabbauprodukten, mit besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Verhältnisse. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Zeitschr. Biol.* **55.** 167.

1194. Luterbacher (Jos.). Der Einfluss der elektromotorischen Kraft auf den elektrischen Widerstand des Selens. Bern. Phys. Inst. der Hochschule. — *Ann. der Physik* **33.** 1392.

1195. Nietzki (R.). Zur Geschichte der Nitranilsäure. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **43.** 3457.

1196. Nietzki (R.) und Kesselring. Zur Kenntnis des Diisobutyl-hydrochinonäthers. Basel. Univ.-Lab. *Berichte* **43.** 3459.

1197. Reverdin (Frédéric). Die chemische Industrie in der Schweiz im Jahre 1909. Genf. — *Chem. Industrie* **33.** 776.

1162 *bis.* Reverdin (Frédéric) und Luc (Armand de). Vergleichende Nitrierung einiger mono-und diacylierter aromatischer Amine. Genf. Org.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **43.** 3460.

1198. Rosner (Malvine). Ueber pyridinhaltige Kobaltiake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

1199. Rupe (H.) und Altenburg (H.). Semicarbazid und cyclische Nitrosochloride. Basel. — *Berichte* **43.** 3471.

1200. Rupe (H.) und Steinbach (A.). Ueber Curcumaöl. Oxydations produkte des Curcumons. Basel. Univ.-Lab. — *Berichte* **43.** 3465.

1079 *bis.* Sahlbom (Naima). Capillaranalyse kolloidaler Lösungen Basel. — *Kolloidchem. Beihefte* **2.** 79.

1201. Schaffer (F.) und Philippe (E.). Ueber den Nachweis von Saccharose in Wein nach S. Rothenfusser. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **1.** 303.

1202. Schmidt (Theodor). Ueber die Nichtexistenz der sogenannten Borowolframate. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

1203. Schulze (E.) und Trier (G.). Ueber die Identität des Vernins und des Guanosins, nebst einigen Bemerkungen über Vicin und Convicin. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **70.** 143.

1204. Tennenbaum (Sophie). Zur Stereochemie der Zimmtsäurereihe. *Dissert.* Zürich (Prof. Pfeiffer).

1205. TUNMANN (O.). Zur Microchemie des Inulins. Bern. — *Ber. der d. pharm. Ges.* **20.** 577.

1206. TUNMANN (O.). Ueber die Alkaloide in Strychnos Nux vomica während der Keimung. Bern. — *Archiv der Pharm.* **248.** 644.

514 *bis.* TUROWSKAJA (C.). Versuche über die hämolytische Fähigkeit von Neutralsalzen. *Dissert.* Zürich (Prof. Höber).

1207. WALTER (Johann). Wie liesse sich das europäische Erdgas besser verwerten? Genf. — *Oesterr. Chem.-Zeitung* **29.** n° 23.

1208. WALTER (Johann). Einige Notizen über Dimethylanilin und dessen Derivate. Genf. — *Zeitschr. Farbenindustrie* **9**, 379.

996 *bis.* WILLNER (Meyer). Ueber den Loango-Copal und über den Sierra-Leone-Copal. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

1209. WILLSTAETTER (Richard). MAYER (Erwin-W.) und HÜNI (Ernst). Ueber Phytol. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Annalen* **378.** 73.

1210. WILLSTAETTER (Richard) und OPPÉ (Alfred). Vergleichende Untersuchung des Chlorophylls verschiedener Pflanzen. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Annalen* **378.** 1.

1211. WILLSTAETTER (Richard) und STOLL (Arthur). Ueber Chlorophyllase. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Annalen* **378.** 18.

1212. WOKER (G.). Die Katalyse. Die Rolle der Katalyse in der analytischen Chemie (Stuttgart) Bern.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE FÉVRIER 1911

Le 1, forte bise le matin.
3, grésil dans la nuit; neige le matin. haut. 1 cm.; très forte bise depuis 4 h. du soir.
4, forte bise à 10 h. du matin.
5, gelée blanche le matin; forte bise le soir.
6, forte bise l'après midi.
8, gelée blanche le matin; forte bise l'après midi.
9, forte bise jusqu'à 10 h. du matin.
les 10 et 11, gelée blanche le matin.
le 12, pluie de 8 h. du matin à 9 h. du soir.
13, pluie dans la nuit; neige de 11 h. du matin à 1 h. du soir.
14, pluie dans la nuit; forte bise dans la soirée.
les 16, 17, 19, 21 et 22, gelée blanche le matin.
le 16, pluie de 1 h. 30 à 4 h. 40, à 7 h. et à 10 h. du soir.
23, fort vent de 1 h. à 9 h. et pluie depuis 7 h. 20 du soir.
24, pluie à 1 h., à 7 h. 30 m. et à 8 h. 45 m. du soir.
25, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
les 27 et 28, gelée blanche le matin.

Hauteur totale de la neige 1 cm., tombé en 1 jour.

GENÈVE — FÉVRIER 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	39.5	39.3	38.6	39.01	+11.56	38.3	40.0	NNE. 2	NNE. 1	ENE. 1	NNE. 1	11.6	10	1	0	3	5.8	...	....
2	37.7	36.9	36.5	37.28	+ 9.87	36.1	38.5	ENE 0	NNE. 1	ENE. 0	ENE. 1	3.8	6	0	0	2	8.6	...	....
3	33.0	31.1	31.9	32.17	+ 4.81	30.5	35 5	E. 0	SSW. 1	NNE. 2	NNE. 2	16.8	10	8	9	4	5.0	0.6	2
4	33.2	33.6	33.8	33.38	+ 6.07	32.7	34.0	ENE 1	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	11 2	10	2	0	4	4.3	...	....
5	33.8	33.3	34.3	33.64	+ 6.38	32.6	34 3	E. 1	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	7.3	10	2	10	5	6.9	...	...
6	33.5	33.4	35.6	34.02	+ 6.81	33.3	36.2	NE. 0	NNE 2	NNE. 3	NNE. 2	**18.5**	9	8	2	5	5.3	. .	....
7	37.5	37.7	37.5	37.38	+10.22	36.3	38.2	ENE. 0	NNE. 1	NW. 1	NNE. 1	5.2	10	1	1	2	7.5	...	....
8	37.0	35.8	36.6	36.67	+ 9.56	35.7	37.8	ENE. 0	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 1	13.3	5	8	2	3	6.9	...	...
9	36.2	35 8	34 0	35.53	+ 8.48	33.9	36.7	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	11.5	8	0	0	2	7.9	...	....
10	32.5	31.8	31.3	32.35	+ 5.35	30.6	34 9	NNE. 0	N. 0	NNE. 1	calme	1.3	0	5	8	5	6.5	...	....
11	31.6	31.4	31.1	31.38	+ 4.44	30.7	32.0	NW. 0	SSW. 1	SW. 0	SSW. 1	4.2	4	5	4	5	6.3	...	. ..
12	31.7	32.4	33.1	32.26	+ 5.38	31.4	33.3	W 0	W. 0	SSW. 1	calme	0.8	10	10	10	10	0 0	7.0	14
13	33.2	33.1	34.1	33.35	+ 6.53	32.6	34.5	WSW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.4	10	9	10	10	0.0	0.1	2
14	36.9	37.3	38.7	37.22	+10.46	36.0	39.1	NNE. 0	NNE 1	NNE 2	NNE. 1	9.8	10	10	10	10	0.0	. .	....
15	39.0	40 3	41.3	40.01	+13.31	38.5	41.5	N. 1	NNE. 0	ENE. 0	var.	4.2	10	5	9	8	3.6	...	....
16	41.6	41.0	40.6	**41.13**	**+14.49**	39.0	**42.2**	WNW. 0	NNE. 1	NNE 1	NNE. 1	1.9	9	4	2	7	4.5	0.1	1
17	38.7	37.1	36.0	37.72	+11.14	35.8	39.9	WNW. 0	SW. 1	WSW. 0	calme	1.7	9	9	1	6	3.4	...	....
18	34.4	30.6	28.9	32.23	+ 5.71	27.8	36.6	W. 0	W. 1	SSW. 1	SSW. 1	4.6	9	3	1	5	7.8	...	. ..
19	24.4	24.1	24.7	**24.72**	**- 1.74**	24.0	27.0	SSW. 1	SSW. 1	SW. 1	SSW. 1	11.2	8	10	10	9	1.5	2.7	5
20	26.6	27.2	31.6	27.76	+ 1.37	26.0	32.0	SW. 1	W. 0	NE. 0	NE. 1	2.9	5	8	4	7	4.0	...	. ..
21	33.1	32.5	32.4	32.53	+ 6.20	31.4	33.4	WSW. 0	N. 1	N. 1	var.	2.5	2	1	0	1	9.1	...	....
22	31.2	31.9	33.2	32.12	+ 5.85	31.1	33.4	W. 0	SSW. 1	SSE. 1	var	2.1	4	10	4	7	1.6	...	.. .
23	30 7	28.3	25.1	28.77	+ 2.57	24.9	32.3	WNW. 0	SW. 2	SSW. 2	SSW. 1	8.1	6	1	10	6	8 4	6.2	4
24	25.6	27.0	29.4	26.79	+ 0.65	**22.7**	29.8	WSW. 1	W. 1	SW. 1	WSW. 2	14.7	9	10	9	9	4.5	7.1	5
25	29.5	28.1	26.0	28.05	+ 1.97	25.7	30.2	SSW. 1	SW. 1	SSW. 2	SSW. 1	10.6	10	10	10	10	0.0	**14.5**	**16**
26	26.8	27.7	31.2	28.04	+ 2.03	26.5	31 8	SW. 1	SW. 1	N. 1	SW. 1	12.9	9	9	9	7	6.7	...	....
27	32.5	30.8	29.8	30.95	+ 5.00	29.4	32.5	E. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.0	2	4	10	5	**9.7**	...	....
28	28.3	26.6	25.7	27.22	+ 1.33	25.3	29.3	NNW. 0	NW. 0	S. 0	var.	2.1	6	6	2	5	4.5	0.5	1
Mois	33.20	32.71	32.96	32.99	+ 6.15							7.47	7.5	5.7	5.2	5.8	140.3	38.8	50

GENÈVE — FÉVRIER 1911

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	- 6.3	- 4.0	- 3.6	**- 4.93**	**- 5.38**	- 7 3	- 1.7	84	77	80	74	-10	55	85	2.8	- 2.0	1410
2	- 5.5	0.0	- 4.5	- 3.17	- 3.68	- 6.0	+ 2.0	84	76	81	77	- 7	65	86	3.5	- 1.3	1405
3	- 4.8	+ 2.5	+ 1.6	- 1.41	- 1.99	- 7.6	4.4	84	61	73	75	- 9	55	87	3.5	- 1.3	1395
4	- 1.0	0.7	- 2.6	- 0.28	- 0.93	- 3.5	2.0	84	86	86	81	- 3	70	91	3.6	- 1.2	1365
5	- 4.8	0.3	- 1 0	- 2.53	- 3 25	- 6.9	1.8	90	71	80	83	- 1	68	93	....	.....	1385
6	- 1.9	2.5	+ 1.3	+ 0.65	- 0.15	- 2.1	3.0	87	70	78	75	- 9	50	91	4.5	- 0.3	1355
7	- 3.4	1 2	- 2.2	- 0.72	- 1 59	- 5.0	2.8	83	70	83	79	- 4	68	95	4.0	- 0.8	1345
8	- 5.7	+ 4.1	+ 0.5	- 0 90	- 1 85	- 7 0	4.9	95	47	74	77	- 6	45	96	4.5	- 0.3	1350
9	- 2.8	- 0.7	- 3.0	- 1.67	- 2.70	- 4.2	1.2	78	80	75	77	- 6	65	85	3.9	- 1 0	1320
10	- 8 0	+ 2.2	0.0	- 2.07	- 3 18	**- 8.3**	4.4	88	64	76	79	- 4	60	90	4.0	- 0.9	1320
11	0.0	10.4	+ 4.5	+ 3.98	+ 2.78	- 0 5	11.3	93	34	70	68	-15	30	93	4.5	- 0.4	1310
12	+ 1.2	4.3	1.2	2.47	+ 1 19	+ 0.4	4.8	87	93	96	87	+ 4	70	98	....	.. ..	1310
13	- 1.4	1.3	2 0	0.93	- 0.44	- 2.1	2.8	96	89	82	86	+ 4	69	**99**	4.8	- 0.1	1315
14	+ 1.1	2.5	1.4	1.74	+ 0.28	+ 0.8	2.9	86	72	76	79	- 3	70	92	4.5	- 0.4	1305
15	+ 0.3	1.8	0.9	1 06	- 0.49	- 0.1	4.3	82	69	84	79	- 3	65	90	4.6	- 0.4	1295
16	- 2.2	3.0	2.4	0.89	- 0.75	- 3.2	5.5	92	63	88	82	0	60	93	4.6	- 0.4	1280
17	- 1.0	12.1	4.3	4.21	+ 2.47	- 1 4	13.7	95	20	53	65	-17	**18**	96	4.9	- 0.1	1275
18	+ 2.9	14.6	8.0	7.21	+ 5.38	+ 1.5	**15.2**	80	45	72	68	-13	40	84	5.0	0.0	1300
19	5.1	9.4	6.9	6.39	+ 4.46	2.4	12.1	71	40	66	69	-12	26	93	....	.....	1215
20	+ 2.7	7.8	4 0	5.06	+ 3.03	+ 2.5	8.6	79	59	68	69	-12	55	80	5.0	- 0.1	1255
21	- 0.7	5.9	3 6	3.16	+ 1.03	- 1.4	7.8	89	46	63	69	-12	42	91	5.2	+ 0.1	1235
22	- 1.0	9.3	5.9	4.27	+ 2 04	- 1.3	10.3	87	39	78	71	- 9	39	90	5.1	- 0.1	1200
23	+ 1.7	13 1	9 3	7.94	+ 5.61	+ 1.5	14.0	93	44	77	68	-12	28	94	5.2	0.0	1255
24	7.7	7.7	6.0	8 49	+ 6.05	5.5	12.0	54	67	73	63	-17	40	91	5 4	+ 0.2	1235
25	4.2	3.5	8.7	5.08	+ 2.54	2.8	9.7	83	96	96	**89**	**+ 9**	80	96	5.0	- 0.3	1250
26	+ 8.5	10.4	6.4	**9.02**	**+ 6.37**	+ 5.7	12.0	79	62	42	58	-22	35	85	.. .	.....	1305
27	- 0.2	6.6	4.7	4.29	+ 1.53	- 0.5	7 5	78	34	62	**54**	**-25**	25	83	5.1	- 0.2	1335
28	- 0.2	+11.1	+ 8.5	+ 5.81	+ 2.94	- 0.7	+12.6	85	40	52	61	-18	35	86	5.3	- 0.1	1290
Mois	- 0.55	+ 5.13	+ 2.69	+ 2.32	+ 0.72	- 1.64	+ 6.85	84	61	74	74	- 8			4.52	-0.44	1308

MOYENNES DE GENÈVE. — FÉVRIER 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	35.78	35.54	35.38	35.54	34.85	34.35	34.73	34.96	35.14
2e »	34.25	33.78	33.81	34.12	33.44	33.03	33.70	34.10	33.78
3e »	29.73	29.58	29.71	29.68	29.12	28.55	28.90	29.19	29.31
Mois	33.51	33.21	33.20	33.36	32.71	32.22	32.70	33.00	32.99

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	- 3.35	- 4.37	- 4.42	- 1.90	+ 0.88	+ 1.74	- 0.34	- 1.86	- 1.70
2e »	+ 1.47	+ 0.73	+ 0.87	+ 3.84	6.72	6.07	+ 4.50	+ 2.95	+ 3.39
3e »	4.90	+ 3.10	+ 2.50	6.04	8.45	8.89	7.74	6.45	6.01
Mois	+ 0.73	- 0.41	- 0.55	+ 2.42	+ 5.13	+ 5.33	+ 3.70	+ 2.23	+ 2.32

Fraction de saturation en %.

1 décade	81	84	86	75	70	69	75	81	78
2e »	86	87	86	70	58	63	71	80	75
3e »	76	84	82	66	54	49	58	68	67
Mois	81	85	84	71	61	61	69	77	74

Dans ce mois l'air a été calme 298 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{89}{33} = 2.70$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique.....	32.96
Nébulosité	6.1
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 2°.42
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+ 2°.49
Fraction de saturation.....	73 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	726.84
Nébulosité..	(1847-1875).	6.7
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	36mm.5
Nombre de jours de pluie.	(id.).	8
Température moyenne...	(id.).	+1°.60
Fraction de saturat.	(1849-1875).	82%

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	53.5	55.7	43.7	37.7	72.9	47.0	42.4

Station	VERVIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	41 9	38.8	40.8	37.6	40.6	48.6

Insolation à Jussy : 119 h. 3.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1911

Le 2, très forte bise et neige le soir.
3, très forte bise ; neige le matin.
4, fort vent tout le jour.
les 7, 8 et 9, très forte bise.
le 12, neige dans l'après-midi.
13, neige tout le jour, très fort vent le soir.
les 15, 16, 17, 18, 19 et 20, très forte bise.
le 19, neige dans la journée.
les 23, 24, 25 et 26, neige.
24, 25 et 26, très violente bise.
le 27, forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	68.1	67.7	67.3	67.7	+ 7.3	67.1	68.2	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	0	0	0	....	....
2	67.6	67.8	67.0	67.5	+ 7.1	66.1	67.8	NE. 1	NE. 2	NE. 4	NE. 2	0	0	0	0	1.4	2
3	63.6	61.7	62.3	62.5	+ 2.1	61.6	65.8	NE. 3	NE 3	NE 2	NE. 3	10	5	0	5	1.5	2
4	64.2	65.7	66.3	65.4	+ 5.1	63.6	66 4	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	0	0	0	. ..	....
5	65.4	65.2	64.8	65.1	+ 4.8	64.3	65.9	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	2	5	0	2	....	....
6	63.8	64 4	66.1	64.8	+ 4.5	63.7	66.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	3	0	1	....	....
7	66.8	67.4	66.7	67.0	+ 6.8	66.1	67.5	NE. 3	NE. 3	NE. 4	NE. 3	0	0	4	1	....	...
8	65.3	64.7	65.8	65.3	+ 5.1	64.6	66.1	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	2	10	0	4	....	....
9	66.5	66.7	66.1	66.4	+ 6.2	66.0	66.7	NE. 1	NE. 3	NE. 1	NE. 2	0	0	0	0	....	...
10	64.6	64.9	64.9	64.8	+ 4.7	64.5	65.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	0	0	0	0	....	....
11	64.4	64.8	65.1	64 8	+ 4.7	64.3	65.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	1	3	2	....	.. .
12	65.1	65.3	65.1	65.2	+ 5.1	64.4	65.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	10	10	7	4.0	8
13	63.6	64.6	67.0	65.1	+ 5.1	63.5	67.5	SW. 1	SW. 2	SW. 4	SW. 2	10	10	10	10	4.5	8
14	67.8	68.5	69.6	68.7	+ 8.7	67 6	70.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	...	....
15	71.4	70.9	70.9	71.1	+11.1	70.8	71.5	NE. 1	NE. 3	NE. 4	NE. 3	0	7	0	2	....	.. .
16	71.6	72.3	72 2	**72.0**	**+12.0**	71 2	**72.3**	NE. 3	NE. 1	NE. 4	NE. 3	4	6	10	7	....	....
17	71.6	70.9	69.7	70.7	+10.8	69.1	71.9	NE. 4	NE. 4	NE. 5	NE. 4	3	7	0	3	.. .	....
18	68.6	67.3	65.3	67.1	+ 7.2	64.8	69.1	NE. 3	NE. 1	NE. 2	NE. 2	3	3	0	2	....	....
19	62.7	60.8	59.6	61.0	+ 1.1	59.5	63.8	SW. 1	SW. 2	NE. 5	var.	3	9	0	4	7.0	7
20	59.6	59.6	62 5	60.6	+ 0.8	59.6	64.1	NE. 1	NE. 4	NE. 4	NE. 3	6	5	0	4	....	....
21	65.4	65.4	66.7	65.8	+ 6.0	64.9	67.0	NE. 1	NE. 4	NE. 3	NE. 3	5	1	0	2	....	....
22	67.4	68.1	68 1	67.9	+ 8.1	67.2	68.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	10	0	6	...	....
23	67.3	65.0	63 3	65.2	+ 5.4	62.7	67.8	SW. 1	SW. 1	NE. 2	var.	8	5	10	8	....	....
24	60.1	60 1	60.8	60.3	+ 0.5	60.1	61.7	NE. 3	NE. 3	NE. 5	NE. 4	10	10	10	10	18.1	20
25	62.5	62.1	60.9	61.8	+ 2.0	60.9	62.6	NE. 1	NE. 2	NE. 4	NE. 2	10	10	10	10	13.2	18
26	62.0	59.4	58.8	**60.1**	**+ 0.4**	**58.7**	62.4	NE. 4	NE. 5	NE. 6	NE. 5	10	10	10	10	24.0	**30**
27	63.0	63.5	63:6	63.4	+ 3 7	61 9	63.7	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	2	0	4	**25.4**	**30**
28	63.2	63.9	63.9	63.7	+ 4.0	63.1	64.0	NE. 2	SW. 1	SW. 1	var.	0	5	0	2	....	....
Mois	65.47	65.31	65.37	65.38	+ 5.14							3.8	4.8	2.8	3.8	99.1	125

GRAND SAINT-BERNARD — FÉVRIER 1911

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	-11.2	- 7.0	-10.4	- 9.5	- 0.4	-13.1	- 5.2	23	24	47	31	15	48
2	- 7.5	- 4.4	- 5.3	- 5.7	+ 3.4	- 7.6	- 3.5	49	37	42	43	31	61
3	-11.2	-10.4	-14.3	-12.0	- 3.0	-14.5	- 6.8	100	100	99	100	61	100
4	-10.4	- 8.3	- 5.4	- 8.0	+ 1.0	-11.4	- 4.8	36	30	8	**25**	**7**	37
5	- 5.2	- 4.3	- 8.6	- 6.0	+ 3.0	- 8.8	- 2.8	34	40	61	45	32	66
6	- 9.5	- 5.6	- 9.3	- 8.1	+ 0.9	- 9.6	- 5.0	46	36	46	42	34	57
7	-10.4	- 8.5	-11.4	-10.1	- 1.1	-11.5	- 8.1	44	43	63	50	40	72
8	-15.2	-12.2	-12.5	**-13.3**	**- 4.3**	**-15.3**	-11.2	100	100	75	92	62	100
9	- 7.5	- 2.4	- 5.5	- 5.1	+ 3.9	- 9.1	- 2.0	31	27	35	31	22	43
10	- 5.6	- 3.4	- 6.2	- 5.1	+ 3.8	- 7.4	- 2.6	37	30	37	35	24	48
11	- 9.4	- 6.6	- 9.4	- 8.5	+ 0.4	- 9.5	- 5.4	67	62	89	73	57	96
12	- 9.2	- 6.3	-10.2	- 8.6	+ 0.3	-10.4	- 4.9	89	89	100	92	81	100
13	-10.6	- 9.5	- 9.6	- 9.9	- 1.0	-10.8	- 9.1	100	100	100	100	92	100
14	- 9.6	- 4.3	- 9.4	- 7.8	+ 1.0	- 9.8	- 2.6	100	55	76	77	42	100
15	- 8.6	- 6.4	- 8.4	- 7.8	+ 1.0	- 8.8	- 5.2	39	44	59	47	33	72
16	- 7.5	- 1.5	- 7.2	- 5.4	+ 3.4	- 8.6	- 0.6	38	24	56	39	18	85
17	- 5.2	- 2.4	- 5.4	- 4.3	+ 4.5	- 6.7	- 1.4	50	40	98	63	35	100
18	- 4.4	+ 0.1	- 0.4	- 1.6	+ 7.1	- 4.6	+ 3.0	78	63	40	60	30	85
19	- 0.3	- 0.3	- 7.4	- 2.7	+ 6.0	- 7.7	+ 2.7	56	42	78	59	39	93
20	-11.3	- 9.6	-11.6	- 0.8	- 2.2	-11.6	- 8.8	100	78	100	93	61	100
21	-12.4	- 7.4	- 4.6	- 8.1	+ 0.5	-12.5	- 3.8	74	54	42	57	33	95
22	- 1.4	+ 0.8	- 4.3	- 1.6	+ 7.0	- 4.5	+ **5.1**	78	89	100	89	50	100
23	- 1.5	+ 1.8	- 1.4	- **0.4**	+ **8.1**	- 4.1	+ 4.8	42	36	47	41	29	92
24	- 4.5	- 6.4	- 9.6	- 6.8	+ 1.7	- 9.7	- 1.7	100	94	99	98	80	100
25	- 9.3	- 5.2	- 4.2	- 6.2	+ 2.2	- 9.4	- 3.1	99	100	100	100	91	100
26	- 6.3	- 6.4	-11.4	- 8.0	+ 0.4	-11.6	- 3.3	100	100	100	100	94	100
27	-13.3	-11.2	- 9.6	-11.4	- 3.1	-13.5	- 9.1	100	100	92	97	86	100
28	- 6.2	- 0.1	- 4.5	- 3.6	+ 4.7	- 6.8	+ 0.3	92	91	61	81	53	97
Mois	- 8.03	- 5.26	- 7.77	- 7.02	+ 1.59	- 9.60	- 3.40	68	62	70	67		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	65.59	65.62	65.73	65.65	50	47	51	49
2e »	66.64	66.50	66.70	66.61	72	60	80	70
3e »	63.86	63.44	63.26	63.52	86	83	80	83
Mois	65.47	65.31	65.37	65.38	68	62	70	67

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 9.37	— 6.65	— 8.89	— 8.30	— 8.45
2e »	— 7.61	— 4.68	— 7.90	— 6 73	— 7.02
3e »	— 6.86	— 4.26	— 6.20	— 5.77	— 5.88
Mois	— 8.03	— 5.26	— 7.77	— 7.02	— 7.21

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{161}{25} = 6.44$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	61.2	27.8	33.6	99.1
Neige en centimètres....	5	8	23	125

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE

DE LA

Variation d'inertie des corpuscules cathodiques

EN FONCTION DE LA VITESSE

PAR

C.-E. GUYE et S. RATNOWSKY

Introduction[1]

On sait que les conceptions électroniques actuelles ont amené les physiciens à considérer la masse (cœfficient d'inertie) comme une fonction de la vitesse. Mais pour choisir entre les diverses théories proposées, il est nécessaire de rechercher par l'expérience quelle est la loi de cette variation d'inertie.

Parmi les travaux aujourd'hui classiques effectués dans cette direction nous devons citer d'abord les expériences de M. Kaufmann[2] sur les électrons β du radium. Ces recherches et celles effectuées antérieurement par le même auteur eurent pour principal résultat de montrer que l'inertie des particules β était nettement fonction de la vitesse et qu'elle pouvait être considérée comme entièrement d'origine électromagnétique. Les conclusions du travail étaient en outre favorables à la théorie d'Abraham. La précision des expériences ne semblait cependant pas suffisante pour trancher définitivement entre les deux théories alors en opposition ; celle d'Abraham appelée aussi

[1] Les premiers résultats de ce travail ont été communiqués à la *Société de phys. et d'hist. nat. de Genève* les 6 juillet et 27 déc. 1909 ; puis aux *C. R. de l'Acad. des Sciences de Paris,* le 7 février 1910.

[2] Ueber die Konstitution des Electrons. *Ann. Phys.*, 19., p. 487.

théorie de l'électron sphérique indéformable et celle de Lorentz (Lorentz-Einstein) dont le caractère essentiel est comme on sait de satisfaire au principe de relativité.

Deux ans plus tard, M. Bucherer[1] entreprit par une méthode différente de nouvelles déterminations expérimentales sur les rayons β. Elles concluaient avec une probabilité plus grande semble-t-il que les expériences antérieures à la validité de la formule de Lorentz-Einstein.

Des mesures analogues devaient naturellement être entreprises sur les rayons cathodiques et M. Stark[2] fut, croyons nous, le premier à constater nettement la variation d'inertie des corpuscules cathodiques en fonction de la vitesse. Ces mesures ne semblaient cependant pas assez précises et surtout n'avaient pas été effectuées sur des rayons cathodiques de vitesse suffisante pour permettre la discussion entre telle ou telle théorie; d'ailleurs leur auteur ne l'a pas tenté.

C'est beaucoup plus tard que M. Hupka[3] publia les premiers résultats de mesures effectuées sur les rayons cathodiques, dont l'émission étaient facilitée par le phénomène de Hertz.

La méthode de M. Hupka consistait en principe à mesurer d'une part la différence de potentiel produisant l'accélération des électrons et d'autre part le champ magnétique nécessaire pour produire une déviation constante. Les conclusions de l'auteur sont nettement favorables à la théorie de Lorentz-Einstein. Elles ont donné lieu cependant à une importante discussion résultant de la difficulté de mesurer avec une précision suffisante une différence de potentiel de près de 80.000 volts.

Les expériences dont nous publions aujourd'hui les résultats ont été effectuées aussi sur les rayons cathodiques de grande vitesse[4]; elles sont loin de présenter encore toute la précision à

[1] Bucherer. Messungen an Becquerelstrahlen. *Phys. Zeit.* 9 t. (1908). p. 755.

[2] Stark. *Verhandl. der Phys. Gesell.*

[3] Hupka. *Verhandl. der Phys. Gesell.* 1909, f. 11 et *Ann. der Physik*, 31 p. 169. 1910.

[4] Ces expériences ont été entreprises au début de l'année 1909 et les premiers résultats en ont été communiqués le 6 juillet 1910 peu de temps après la communication faite par M. Hupka à la Société de physique de Berlin.

laquelle nous aurions voulu atteindre, mais telles quelles sont, elles constituent un nouvel argument en faveur de la théorie de Lorentz-Einstein.

I. — La Méthode

Choix de la méthode

Le but que nous nous sommes proposé était avant tout de déterminer avec le plus de précision possible le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ de l'inertie des corpuscules cathodiques de grande vitesse à celle des corpuscules cathodiques de faible vitesse. Il s'agissait donc en premier lieu de rendre aussi comparables que possible les mesures effectuées sur les deux catégories de rayons cathodiques. Cette considération nous a guidé dans le choix de la méthode.

Nous avons utilisé pour la détermination du rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ la méthode consistant à observer la déviation d'un faisceau cathodique sous l'action successive et alternée d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Cette méthode est susceptible de donner des résultats très comparables, si l'on a soin d'opérer à *déviation constante* et à champ magnétique ou électrique variables. Dans ces conditions, on élimine en effet presque complètement du rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ l'incertitude qui existe toujours sur la forme exacte et la valeur des champs électrique ou magnétique que traverse le corpuscule. C'est précisément à cause de cet avantage que nous avons appelé cette méthode *méthode des trajectoires identiques*[1]. En effet, à la condition d'annuler préalablement le champ terrestre, les corpuscules de grande ou de petite vitesse suivent alors pratiquement la même trajectoire

[1] La méthode de déviation constante à été utilisée antérieurement à la publication de notre travail par M. Malassez dans des recherches entreprises à l'instigation de M. le professeur Langevin. L'auteur ne mentionne pas qu'il ait annulé le champ terrestre; il est à présumer que dans le cas particulier de ces expériences, cette précaution était inutile.

dans toutes les expériences. On peut dans ces conditions expérimenter sans inconvénient sur de *plus grandes déviations.*

Cette méthode présente en outre l'avantage de ne pas nécessiter la mesure précise, toujours délicate, de très hauts potentiels de décharge (80.000 volts environ si l'on veut atteindre la moitié de la vitesse de la lumière).

En outre, en ayant soin d'alterner les déviations électriques et magnétiques et en multipliant les mesures, on peut espérer atténuer dans les moyennes l'effet des variations qui se produisent dans la vitesse d'émission des corpuscules, variations qui résultent des changements de dureté du tube ou des conditions mêmes de la décharge et qui constituent une des principales difficultés des expériences à haut voltage.

Trajectoires identiques dans un champ magnétique

Considérons le cas de rayons cathodiques ayant une faible vitesse d'émission (tube mou). Nous avons pour un point quelconque de la trajectoire la relation bien connue

$$\frac{\mu v^2}{\rho} = \mathrm{H} v \varepsilon \sin \alpha$$

μ masse transversale du corpuscule (électron); v sa vitesse; ρ rayon de courbure de la trajectoire; H intensité du champ magnétique; α angle formé par la direction de la vitesse avec celle du champ magnétique; ε charge du corpuscule.

Supposons des corpuscules cathodiques de grande vitesse (tube dur) arrivant au même point, dans la même direction: nous aurons semblablement

$$\frac{\mu' v'^2}{\rho'} = \mathrm{H}' v' \varepsilon \sin \alpha$$

la direction du champ H′ étant supposée la même que celle de H.

Pour que les deux trajectoires se maintiennent identiques il faut que l'on ait $\rho = \rho'$; il vient alors

$$\frac{\mu' v'}{\mu v} = \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}$$

Si les deux champs magnétiques sont produits par des bobines fixes (sans fer) parcourues successivement, par les courants I

et I′, ces champs seront en chaque point proportionnels aux intensités I et I′ et l'on aura

$$\frac{\mu' v'}{\mu v} = \frac{I'}{I}$$

Il est aisé de voir que cette condition peut être satisfaite simultanément pour tous les points de la trajectoire puisque $\mu' v'$ μv sont précisément des constantes pour tous les points de cette trajectoire[1].

Il importe de remarquer que la démonstration précédente n'est valable qu'à la condition d'avoir annulé préalablement le champ magnétique terrestre ou du moins sa composante déviante. Ce résultat est atteint dans nos expériences comme on le verra plus loin, par l'emploi d'un système de cadres compensateurs parcourus par des courants constants.

Trajectoires identiques dans un champ électrique

Dans un champ électrique, le corpuscule n'a plus rigoureusement ni une vitesse ni par conséquent une masse constantes, puisqu'il passe d'une surface équipotentielle à une autre surface équipotentielle. Mais pratiquement, dans les limites de nos expériences, ces variations de vitesse n'étaient que de quelques pour mille. Un calcul approximatif nous a montré que les variations qui en résultent sur la trajectoire sont plus petites que celles qui correspondent à la précision de la mesure des champs électriques[2]. Il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte. On peut ainsi admettre par un raisonnement analogue au précédent que la relation

$$\frac{\mu v^2}{\mu' v'^2} = \frac{F}{F'} = \text{constante}$$

est *pratiquement* satisfaite pour tous les points de la trajectoire, F et F′ étant les champs électriques au point considéré.

Expérimentalement ces champs sont produits en élevant plus

[1] Il n'y a qu'au voisinage immédiat de la cathode, dans l'espace où le corpuscule prend sa vitesse que cette relation n'est pas satisfaite ; mais dans cette partie de la trajectoire très éloignée des bobines magnétisantes le champ magnétique H est semsiblement nul ; il en est donc de même de la déviation.

[2] Il faudrait que les champs électriques fussent mesurés avec une précision de l'ordre des dix-millièmes.

ou moins la différence de potentiel des armatures du condensateur à l'intérieur du tube.

Principe de la méthode

La condition d'identité des trajectoires étant pratiquement réalisée, représentons les déviations électriques et magnétiques mesurées successivement sur des corpuscules de petite et de grande vitesse ; nous aurons

Déviation électrique

Corpuscules de petite vitesse

$$y = [A] \frac{\varepsilon V}{\mu v^2} \qquad (1)$$

Corpuscules de grande vitesse

$$y = [A] \frac{\varepsilon V'}{\mu' v'^2} \qquad (3)$$

Déviation magnétique

Corpuscules de petite vitesse

$$y = [B] \frac{\mu v}{\varepsilon I} \qquad (2)$$

Corpuscules de grande vitesse

$$y = [B] \frac{\varepsilon I'}{\mu' v'} \qquad (4)$$

Dans ces expressions y représente la déviation, la même dans une même série d'expériences ; [A] est l'intégrale de champ électrique ; soit en première approximation

$$\int_0^{x_0} dx \int_0^x F_1 \, dx$$

mesurée le long de la trajectoire pour une différence de potentiel $V = 1$ entre les plateaux du condensateur qui crée ce champ ; [B] est l'intégrale de champ magnétique ; soit approximativement

$$\int_0^{x_0} dx \int_0^x H_1 \, dx$$

pour l'intensité de courant $I = 1$ traversant les bobines qui produisent le champ magnétique. Enfin ε μ v μ' v' représentent respectivement la charge de l'électron, sa masse transversale et sa vitesse dans le cas des petites et des grandes vitesses.

De ces quatre relations on tire

$$\frac{\mu'}{\mu} = \frac{VI'^2}{V'I^2} \quad (I) \qquad \frac{v'}{v} = \frac{V'I}{VI'} \quad (II)$$

Le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ se déduit donc des valeurs relatives de deux

intensités et de deux différences de potentiel mesurées sur le même instrument.

Détermination de la vitesse absolue des corpuscules

Mais pour comparer les résultats de l'expérience à ceux que donnent les formules théoriques il est nécessaire de connaître la valeur absolue des vitesses v et v'. Pratiquement il suffira dans chaque série d'expériences de connaître une seule de ces vitesses pour que toutes les autres soient déterminées par la formules II.

Considérons en effet les formules (1), (2), (3), (4) qui donnent les déviations électriques et magnétiques; elles nous permettent de déterminer v en valeur absolue si l'on connait l'une des constantes [A] ou [B] d'une part et le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ d'autre part; les autres quantités étant facilement accessibles à l'expérience.

Diverses considérations nous ont engagé à déterminer la constante [A]. Dans ce but nous avons effectué quelques expériences sur des rayons de faible vitesse, en mesurant le potentiel de décharge U et la déviation y. On a dans ce cas la relation bien connue

$$U\varepsilon = \frac{1}{2}(\mu)v^2 \tag{5}$$

qui combinée avec l'équation (1) nous donne [1]

$$[A] = 2\frac{U}{V}\frac{\mu}{(\mu)}y \tag{6}$$

$\frac{(\mu)}{\mu}$ étant très voisin de l'unité [2].

[1] La constante [A] a l'avantage d'être indépendante du rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ (voir équation (6) tandis que la constante [B] obtenue à l'aide des équations (5) et (2) contient ce rapport soit

$$[B] = \frac{y}{I}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}\frac{(\mu)}{\mu}2U}$$

[2] On sait que la masse (μ) de l'équation (5) diffère d'une petite quantité de la masse transversale μ des équations (1), (2), (3), (4). mais pour de faibles vitesses la différence est très petite et l'on peut aisément effectuer la correction. Dans ce but on déterminera par l'équation (1)

Le calcul de la vitesse absolue nécessite en second lieu la connaissance du *rapport* $\frac{\varepsilon}{\mu}$ *de la charge à la masse transversale de l'électron.* Ce nombre est connu par l'ensemble des recherches antérieures sur les rayons cathodiques ; de plus pour les *rayons cathodiques de faible vitesse il est à peu près indépendant des théories proposées.* Nous avions adopté, dès le début de nos recherches, comme base de nos calculs la valeur

$$\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}878 \times 10^7 \text{ (Simon)}$$

Des recherches plus récentes ont conduit à la valeur 1.77×10^7 Nous verrons plus loin quelle peut être sur les résultats l'influence de la valeur choisie.

Comparaison avec les formules théoriques

La connaissance de la constante [A] et du rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ pour les rayons lents permet donc de déduire la vitesse absolue v de ces rayons par la formule (1), tandis que la relation (II) donne alors la valeur absolue de la vitesse v' des rayons cathodiques de grande vitesse.

Ces vitesses étant ainsi déterminées, il devient possible de comparer les valeurs $\frac{\mu'}{\mu}$ fournies par l'expérience à celles déduites des formules théoriques bien connues de Lorentz ou d'Abraham relatives aux masses transversales.

$$\text{(Lorentz)} \quad \left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_L = (1-\beta^2)^{-\frac{1}{2}} \tag{7}$$

$$\text{(Abraham)} \quad \left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_A = \frac{3}{4\beta^2}\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\log\frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right] \tag{8}$$

Dans ces expressions β est, comme on sait, le rapport de la vitesse du corpuscule à celle de la lumière, μ_0 la masse pour des corpuscules infiniment lents.

la valeur approchée de la vitesse v en supposant $[A] = \frac{2U}{V}y$, puis on cherchera qu'elle est dans l'hypothèse de Lorentz ou d'Abraham la valeur de $\frac{(\mu)}{\mu}$ qui correspond à cette vitesse. Ce calcul est grandement abrégé si l'on a soin de construire une fois par toutes les courbes de $\frac{(\mu)}{\mu_0}$ et de $\frac{\mu}{\mu_0}$ en fonction de v dans les deux hypothèses.

Pour la commodité des calculs et la rapidité des comparaisons nous avons établi graphiquement et à une grande échelle les courbes de $\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ en fonction de la vitesse et cela dans les deux hypothèses précédentes. Ces courbes sont représentées en réduction aux conclusions de ce mémoire. (Fig. 5).

II. — Les Expériences

Nous donnons ci-après (fig. 1) le schéma général du dispositif de nos expériences.

Les commutateurs sont disposés pour la mesure de la déviation magnétique.

Production des rayons cathodiques

Pour produire la tension nécessaire à l'émission des rayons cathodiques, nous avons utilisé le courant d'un alternateur à haute fréquence (1000 à 1200 périodes à la seconde), surélevé dans un premier transformateur et lancé dans le primaire d'une grande bobine d'induction. (Fig. 1)

Sous le rapport de la régularité de fonctionnement du tube, l'alternateur présente, du moins pour les tensions très élevées, un avantage considérable sur la machine électrostatique.

Avec cette dernière, le débit est toujours si faible que les décharges latérales extérieures au tube agissent constamment sur le régime de celui-ci. Or, au fur et à mesure que l'on augmente la tension, ces décharges, soit sous forme d'effluves, soit sous forme de petites étincelles, deviennent de plus en plus importantes et compromettent la régularité de fonctionnement du tube.

Par contre, l'emploi d'un alternateur a l'inconvénient de donner naissance à un faisceau cathodique plus ou moins hétérogène. Ce faisceau s'étale en un spectre lorsqu'il traverse un champ électrique au magnétique. Il en résulte une précision beaucoup moindre sur le pointé.

Toutefois, cet inconvénient peut être considérablement atténué, particulièrement avec les courants de fréquence élevée comme nous le verrons plus loin.

Les conditions de fonctionnement de l'alternateur étaient les suivantes : à la fréquence de 1000 périodes environ, la tension aux bornes primaires de la bobine d'induction était de 80 à 300 volts efficaces. Bien que ce dernier voltage paraisse élevé

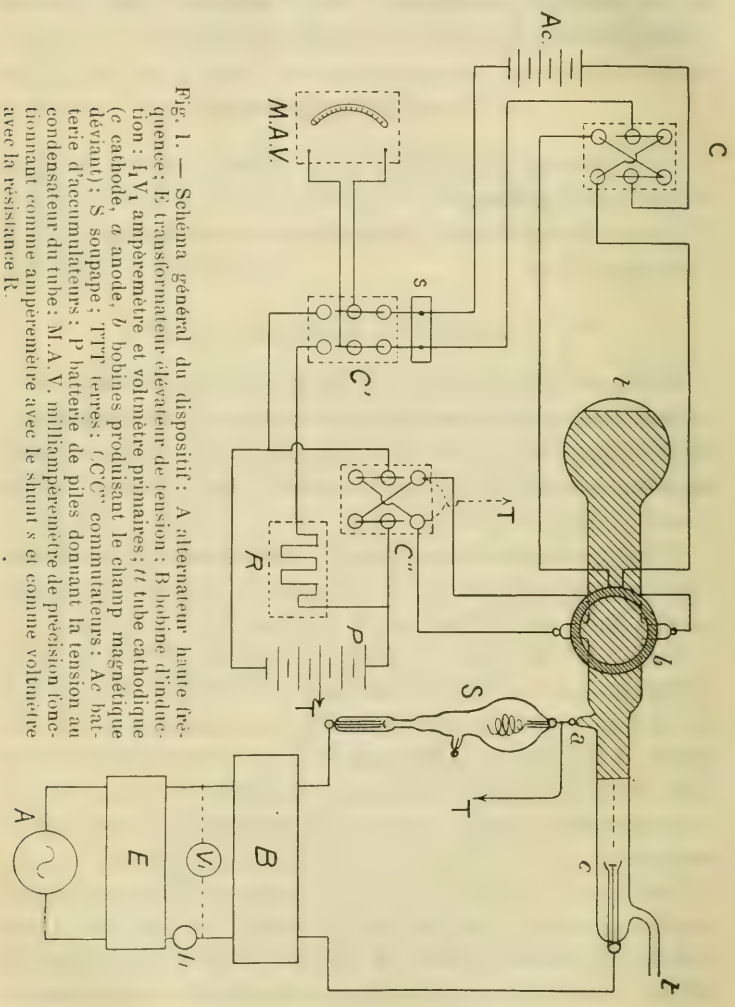


Fig. 1. — Schéma général du dispositif : A alternateur haute fréquence ; E transformateur élévateur de tension ; B bobine d'induction : I_1V_1 ampèremètre et voltmètre primaires ; *tt* tube cathodique (*c* cathode, *a* anode, *b* bobines produisant le champ magnétique déviant) ; S soupape ; TTT terres ; *CC''* commutateurs ; *Ac* batterie d'accumulateurs ; P batterie de piles donnant la tension au condensateur du tube ; M.A.V. milliampèremètre de précision fonctionnant comme ampèremètre avec le shunt *s* et comme voltmètre avec la résistance R.

pour un circuit primaire, les isolements de la bobine le supportent très bien, grâce à la régularité même du courant alternatif qui ne donne pas lieu à des à-coups de tension, comme il s'en produit avec les interrupteurs.

Le courant secondaire de la bobine était amené à la cathode et à l'anode du tube par des conducteurs recouverts d'une épaisseur de 0.5 cm, de caoutchouc, de façon à éviter autant que possible les effluves et les décharges latérales dont nous avons parlé.

La tension de ce courant, si on la calcule d'après le rapport de transformation de la bobine, aurait pu atteindre 90.000 volts efficaces; mais avec des courants de fréquence élevée, il est impossible de dire à priori dans quelle mesure les phénomènes de capacité ou de dispersion magnétique modifient ce rapport théorique de transformation.

Entre l'anode du tube cathodique et la bobine était intercalée une soupape électrique. Une telle soupape a, comme on sait, pour effet d'arrêter l'une des alternances du courant de haute tension, de façon à ne livrer passage au courant que dans un sens. Dans le cas particulier où l'on utilise des courants de grande périodicité, le courant qui traverse le tube se rapproche peu à peu d'un courant continu, lorsque la capacité formée par les conducteurs et le tube lui-même a quelque valeur. Le faisceau cathodique peut alors devenir presque homogène, mais cette condition, comme on le verra plus loin, n'est pas indispensable pour effectuer le pointé.

La figure 2 ci-après montre, sans entrer dans le calcul du phénomène, comment, lorsque la périodicité augmente, le courant qui traverse le tube cathodique doit tendre à devenir constant.

Les deux pôles du tube commencent par se charger à la différence de potentiel maximum A. Le courant que peut débiter la bobine étant toujours grand par rapport à celui du tube, ce dernier continue à suivre la tension de la bobine jusqu'au point B. A partir du point B, si la soupape fonctionne parfaitement, le tube se décharge comme le ferait un condensateur, et son régime devient indépendant de celui de la bobine jusqu'au point C. De C en A′ B′ la tension de la bobine redevenant inférieure à celle du tube, la soupape laisse de nouveau passer le courant et le régime du tube redevient celui de la bobine.

Il est aisé de se rendre compte que la périodicité augmentant, le point A′ se rapproche de A. Il en est de même du point C;

l'amplitude des variations de la tension aux bornes du tube devient de plus en plus petite et finit par se rapprocher d'une tension constante, particulièrement si le tube est associé à une capacité, même petite. C'est ce que montre la seconde figure.

L'emploi des courants alternatifs associés à un condensateur et à une soupape a d'ailleurs été indiqué et employé par

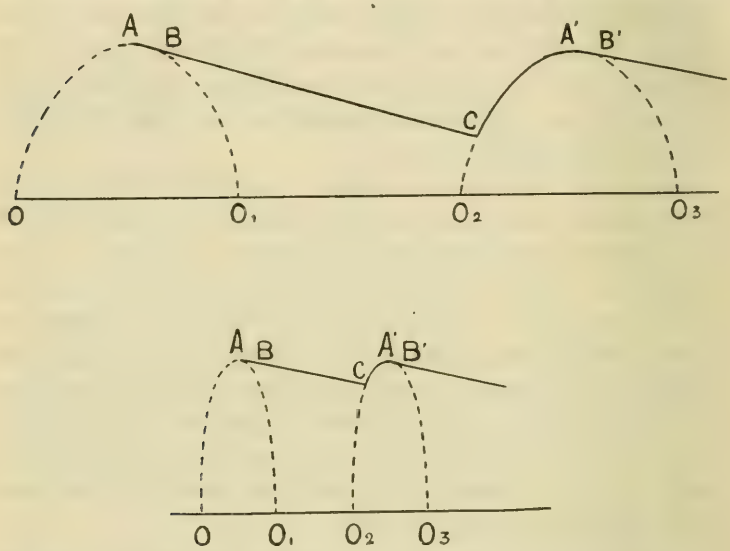


Fig. 2. — Dans cette figure la courbe ponctuée $OAO_1O_2A^1O_3$ représente la tension secondaire fournie par la bobine dont une alternance seulement peut donner naissance à un courant; la ligne ABCA'B' représente la tension aux bornes du tube cathodique muni d'une soupape.

M. Villard pour produire un voltage constant aux bornes des tubes cathodiques [1]. On trouvera dans les publications de M. Villard de précieuses indications sur le fonctionnement des tubes cathodiques [1].

A la condition de ne pas considérer les expériences aux voltages les plus élevés, pour lesquels les mesures demeurent toujours délicates par suite des variations de dureté du tube, on peut constater que ce dispositif est susceptible d'assurer une très grande constance au régime de fonctionnement d'un tube cathodique. Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, deux

[1] Villard. Les rayons cathodiques, 1908, p. 7, et Redresseurs cathodiques pour courants indirects *C. R.*, t. CXXVIII, 1899, p. 994, etc.

séries de mesures effectuées, comme toujours, à déviation constante. Les valeurs de I et de V proportionnelles aux champs déviants se sont maintenues constantes pendant toute la série des expériences. Chaque chiffre comporte deux pointés, c'est-à-dire deux lectures au voltmètre et à l'ampèremètre. La durée de chaque série est d'environ une demi-heure. On voit donc que pendant ce temps le régime de fonctionnement du tube s'est fort bien maintenu et que la vitesse des rayons cathodiques émise est demeurée presque la même.

La variation plus grande observée sur les chiffres du voltmètre (V) provient du fait qu'à *déviation constante* l'intensité du champ électrostatique est proportionnelle au carré de la vitesse des corpuscules, tandis que le champ magnétique n'est proportionnel qu'à la vitesse seulement. Les fluctuations sont donc, dans ces conditions, plus sensibles sur le voltmètre que sur l'ampèremètre.

Divisions lues sur l'ampèremètre et le voltmètre

J	V	J	V
39,85	35,20	39,75	36,10
39,75	35,05	39,95	36,05
39,50	34,70	39,70	36,25
39,85	35,05	39,55	36,05
39,50	34,85	39,70	36,10
39,20	34,65	39,30	35,65
39,90	34.85	39,60	35,55
		39,50	35,70
		39,00	35,00

Les tubes cathodiques employés ne commencent à s'illuminer d'une lueur verte qu'au voisinage de 6000 volts ; mais, dans ces conditions, la tache fluorescente était encore mal délimitée, probablement par suite de la trop grande surface d'émission de la cathode. C'est seulement pour une plus grande raréfaction, lorsque le potentiel de décharge atteignait 8000 à 9000 volts, qu'on apercevait une tache lumineuse circulaire nettement délimitée de 0,75 mm. de diamètre, et que l'on pouvait commencer les mesures.

Dans le cas où la raréfaction était poussée à ses dernières limites, nous n'avons pas mesuré le potentiel de décharge. On peut l'estimer approximativement entre 70.000 et 80.000 volts

(d'après la puissance des champs déviants et la vitesse calculée des corpuscules).

La différence de potentiel aux bornes secondaires de la bobine devait naturellement être supérieure, puisqu'une partie de la tension était absorbée par la soupape.

Nous avons dit tout à l'heure que le faisceau cathodique produit n'était pas en général homogène, et qu'il s'étalait en un spectre lorsqu'on le faisait traverser le champ magnétique ou électrique. Il importe de remarquer à ce propos que la luminosité de ce spectre est nettement décroissante vers la partie la plus déviée. *La partie la plus déviée est donc la plus lumineuse et correspond aux rayons de plus grande vitesse* (vraisemblablement sommet de la courbe, fig. 2, du potentiel de décharge); c'est sur elle qu'on effectuait le pointé. D'ailleurs, en réduisant convenablement la tension de l'alternateur, ce spectre se réduisait à une tache nette, à peu près circulaire, accompagnée d'une queue très pâle.

Tube cathodique (fig. 3)

Le tube cathodique employé avait une longueur totale d'environ 80 cm. La *cathode* en aluminium était portée par une tige de 12 cm. à 15 cm. de longueur, placée dans une tubulure de verre. L'*anode* en relation avec la terre sert en même temps de

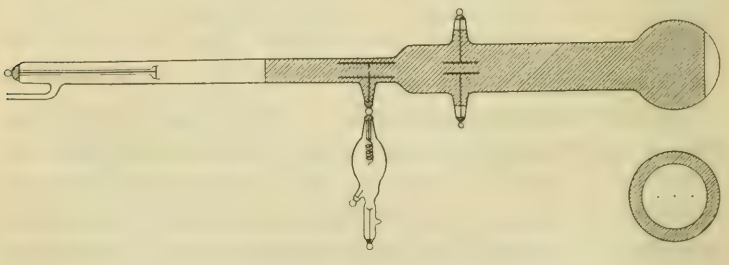


Fig. 3

diaphragme. Elle est constituée par un cylindre creux en aluminium dont la longueur mesurait 7 cm., et à l'intérieur duquel se trouvait le *diaphragme*. Nous avons cru bien faire de placer le diaphragme à l'intérieur même du tube anode, afin de le soustraire à toute influence électrostatique. Dans ces condi-

tions, aucune charge électrique induite ne peut exister dans le voisinage immédiat de l'orifice et exercer une action déviante sur le faisceau cathodique.

L'ouverture du diaphragme était de 0,5 mm. Sa distance à la cathode était d'environ 30 cm. *Le fonds même du tube servait d'écran fluorescent,* comme le montre la fig. 3. Il n'était par conséquent pas recouvert de papier d'étain, et l'on avait marqué avec beaucoup soin et après avoir effectué le réglage complet, deux petits points à l'encre de Chine, distants de 3 à 4 cm. environ (fig. 3). C'est sur ces points qu'on ramenait le milieu de la tache fluorescente, soit à gauche, soit à droite, en modifiant les champs électrique ou magnétique. Un troisième point intermédiaire correspondait à la position du faisceau non dévié, le champ magnétique terrestre étant annulé.

Le vide

Le *vide* était produit à l'aide d'une pompe Gaede, combinée à une pompe rotative auxiliaire.

Afin d'éviter le dégagement progressif de gaz par les parois du tube et les pièces métalliques qui se trouvent à l'intérieur, nous avons préalablement chauffé à plusieurs reprises le tube à une température de 100 à 200 degrés, et cela en faisant activement fonctionner la pompe. C'est également en vue d'éviter les dégagements gazeux que notre tube (comme nous l'avait conseillé M. Villard) ne contenait aucune matière fluorescente spéciale; la tache fluorescente qui servait au pointé, se produisait sur le fonds même du tube. Dans les expériences préliminaires faites en employant des écrans enduits de substances fluorescentes, nous avons observé que, dès que l'on arrêtait la pompe, le moindre échauffement produisait un dégagement gazeux qui ne permettait pas de pousser le vide autant que le nécessitaient nos recherches. Enfin, pour augmenter le degré de vide, nous avons, dans quelques expériences, ajouté entre la pompe et le tube un refroidissement à air liquide destiné à condenser les impuretés et à diminuer leur tension de vapeur (voir fig. 4).

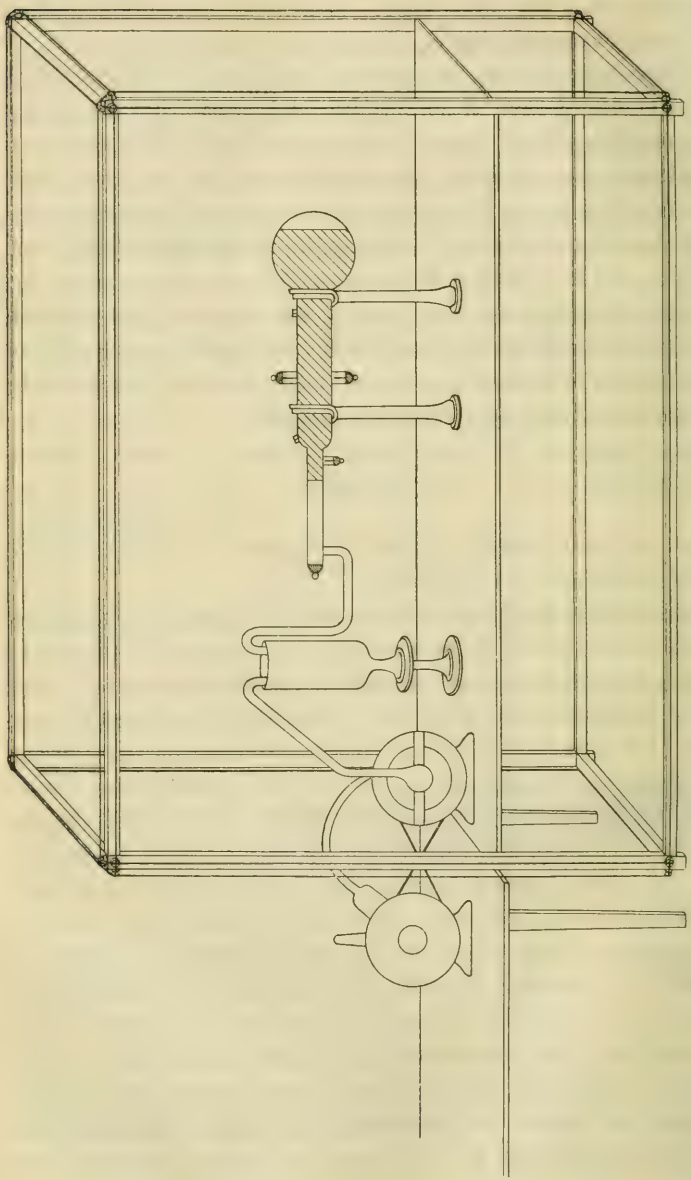


Fig. 4

Le champ électrique

Le *condensateur* qui sert à produire le champ électrique à l'intérieur du tube, se compose de deux plaques d'aluminium disposées aussi parallèlement que possible. Chacune de ces plaques mesure 5,07 × 3,5 cm.; elles sont à la distance moyenne de 0,889 cm.; cette distance a été mesurée à la machine à diviser, de façon à permettre un contrôle approximatif.

La tension était fournie au condensateur par une *batterie* de petits éléments (lampe de poche Jupiter), dont chaque groupe donnait approximativement 4,25 volts. La batterie se composait de 400 à 500 de ces groupes (soit environ 2000 volts maximum), auxquels s'ajoutaient 50 petits accumulateurs que l'on pouvait introduire ou supprimer rapidement au moyen de deux curseurs à manette. De cette façon, on pouvait effectuer le réglage rapide de la tension de 2 en 2 volts.

Le milieu de la batterie était en communication avec la terre; les deux plateaux du condensateur étaient donc toujours chargés à des potentiels symétriques $+\frac{V}{2}$ et $-\frac{V}{2}$; la trajectoire des rayons cathodiques non déviés était donc toujours, comme l'anode et le tube, une ligne de potentiel zéro.

Le potentiel de la batterie était très constant et les mesures pouvaient se prolonger aussi longtemps qu'il était nécessaire, sans que l'on pût constater la moindre variation [1].

Le champ magnétique

Le champ magnétique était produit par une paire de bobines parcourues par le courant d'une batterie d'accumulateurs. Ces bobines étaient disposées dans le voisinage du condensateur, de

[1] Nous tenons à signaler à propos de l'installation de cette batterie un curieux phénomène de transport de mercure. Les godets servant à mettre en communication les différentes batteries d'éléments étaient reliés par des fils étamés et isolés. Au bout de quelques jours, nous avons pu remarquer que le mercure a été transporté des godets placés au niveau le plus élevé dans ceux qui se trouvaient à un niveau plus bas. Le fil de cuivre étamé fonctionnait donc comme un siphon capillaire qui s'amorce de lui-même.

manière que les lignes de force du champ magnétique soient autant que possible perpendiculaires à celles du champ électrique. Dans ces conditions, les déviations électriques et magnétiques peuvent être observées sur les mêmes repères.

Les mesures relatives des champs magnétiques étaient données par le rapport des intensités du courant mesurées sur le milliampèremètre dont nous avons parlé; cet appareil était combiné à un shunt de précision.

Les bobines et le tube étaient fixés solidairement sur un même support en bois ; ce support ne contenait naturellement aucune partie métallique. Le tout était disposé sur une table entre les deux paires de cadres qui servaient à annuler le champ terrestre (fig. 4).

Mesure de I et de V

L'appareil qui mesurait successivement la tension du condensateur V et l'intensité I du courant traversant les bobines, était un *milliampèremètre de précision* de Siemens, combiné à l'aide de commutateurs, soit avec de très grandes résistances soigneusement étalonnées, soit avec un shunt. On pouvait apprécier aisément sur cet appareil 0,1 division. Les plus petites déviations étaient d'environ 35 divisions; l'erreur sur cette mesure pouvait donc atteindre au maximum 1/350, soit 0,25 %[1].

Nous avons cru bien faire de vérifier l'homogénéité de la division de notre milliampèremètre en l'étalonnant par comparaison avec des résistances convenables en manganine soigneusement contrôlées avec une boîte de précision de Carpentier. Les différences trouvées ont été tout à fait de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience. Le tableau suivant permettra de s'en rendre compte :

Déviations calculées	Déviations observées	Différences %
34.077	34.15	+0.205
52.012	52.00	−0.019
70.625	70.75	+0.180
89.800	89.90	+0.11
98.777	98.60	−0.13
108.520	108.20	−0.29

[1] Pour deux séries seulement la déviation n'était que de 20 à 25 divisions.

Compensation du champ magnétique terrestre

Nous avons dit que pour donner à la méthode des trajectoires identiques toute sa rigueur, il est nécessaire d'annuler le champ magnétique terrestre. En annulant ce champ, non seulement on rend rigoureuses les considérations précédentes (page 296), mais on assure du même coup la symétrie des déviations gauche et droite.

En effet, le faisceau cathodique ayant une longueur totale de 65 cm. environ, la déviation que produit le champ terrestre peut être considérable, particulièrement lorsqu'on expérimente avec des corpuscules de faible vitesse. Cette déviation initiale est très fâcheuse, car les corpuscules ne suivent pas dans ces conditions des trajectoires symétriques par rapport aux plaques du condensateur ou à la position des bobines ; comme cette dissymétrie initiale n'est pas la même si l'on expérimente avec des rayons de faible ou de grande vitesse, elle peut devenir une cause d'erreur systématique. Les mesures effectuées avec des corpuscules de vitesse différente deviennent moins comparables, particulièrement si les champs ne sont pas uniformes, et lors même que l'on a soin d'expérimenter alternativement par déviation gauche et droite. En d'autres mots, pour que la condition des trajectoires identiques soit satisfaite, il faut que le champ terrestre ou du moins sa composante déviante soit annulée.

Pour réaliser la compensation du champ terrestre, nous avons placé le tube dans la direction du méridien magnétique et disposé deux paires de cadres de grande dimension donnant chacune un champ très approximativement uniforme dans l'espace occupé par le faisceau cathodique [1] (fig. 4). Ces deux paires de cadres annulaient respectivement les composantes horizontale et verticale du champ terrestre.

[1] Des mesures sur l'uniformité du champ compensateur ont été effectuées par une méthode balistique; elles ont montré une divergence de 1 $^1/_2$ % entre la position de la cathode et le fonds du tube servant d'écran. Cette petite différence est sans importance, attendu que nous avons toujours effectué les mesures en prenant la moyenne des déviations droite et gauche obtenues en renversant les champs électrique ou magnétique.

Pour s'assurer de la compensation, on plaçait d'abord une aiguille aimantée dans le voisinage immédiat du tube cathodique, et l'on réglait le courant dans les cadres jusqu'à ce que l'aiguille restât en équilibre indifférent.

On pouvait ensuite procéder à un réglage plus exact encore par l'observation même des rayons cathodiques.

Dans ce but, on faisait varier progressivement le courant dans les cadres jusqu'à ce que le rayon cathodique ne soit plus étalé en un spectre, quelles que soient les variations produites dans le potentiel de décharge; c'est-à-dire quelle que soit la vitesse des rayons cathodiques; lorsque le réglage est atteint, la position de la tache fluorescente sur le fonds du tube devient indifférente à ces variations et n'éprouve presque plus aucun déplacement.

Un dernier contrôle pouvait être ajouté en soumettant le faisceau ainsi réglé à l'action déviante des champs magnétique et électrique que l'on inversait. On obtenait alors des déviations gauche et droite égales de part et d'autre de la position initiale du rayon.

Protection du faisceau cathodique contre les actions électrostatiques

Pour protéger le faisceau cathodique contre les actions électrostatiques, nous avons recouvert presque toute la surface extérieure du tube avec du papier d'étain mis en communication avec la terre. Seule, l'extrémité du tube de verre qui entoure la cathode et le fonds même du tube sur lequel venait se produire la trace fluorescente, ont été laissés à nu. Dans ces conditions, nous n'avons pu déceler aucun déplacement de la tache lumineuse provenant d'une action électrostatisque extérieure ou intérieure. En effet, ce dispositif fonctionne comme écran électrostatisque pour les actions extérieures, et si des charges électriques venaient à recouvrir intérieurement les parois du tube, des charges égales et de signe contraire dues à l'influence en annuleraient approximativement l'effet sur le faisceau cathodique.

Cette précaution est particulièrement importante avec les rayons de faible vitesse très sensibles aux causes déviantes.

Détermination de la constante [A] *et valeur de* $\frac{\varepsilon}{\mu}$.

La constante [A] qui figure dans les équations (1) et (3), peut être déterminée par le calcul ou par l'expérience. Mais si l'on suit la première voie, il est nécessaire d'introduire des hypothèses plus ou moins justifiées.

Une première hypothèse, absolument insuffisante, consiste à considérer le champ comme constant entre les plateaux du condensateur et comme nul en dehors de ce condensateur. Cette hypothèse nous a conduit à la valeur [A] = 173.

Un calcul plus exact peut être effectué en tenant compte du champ extérieur au condensateur. Nous avons pris comme base de ce calcul la formule donnée par Maxwell (Traité d'Électricité et de Magnétisme) et le graphique qui la résume. Mais ce graphique est relatif au cas d'un *condensateur illimité dans un sens et éloigné de tout conducteur;* il ne correspond pas non plus, au point de vue de la forme du champ électrique, aux conditions de nos expériences, c'est-à-dire au cas d'un *condensateur court, placé dans un tube relativement étroit.* Le calcul effectué d'après le graphique de Maxwell au moyen d'un intégraphe nous a donné la valeur [A] = 224.

L'expérience était assurément le moyen le plus sûr d'éliminer toutes ces incertitudes. Nous nous sommes donc décidés à effectuer directement des mesures sur des rayons cathodiques de faible vitesse, de façon à déterminer [A] par la relation précédemment établie.

$$[A] = 2\,\frac{U}{V}\,\frac{\mu}{(\mu)}\,y \qquad (6)$$

Comme source de rayons cathodiques, nous avons utilisé une machine électrostatique, de Töpler, à 20 plateaux. Nous avons, en outre, régularisé le potentiel, soit par la marche uniforme de la machine, soit en fixant sur ses deux pôles deux balais placés en regard l'un de l'autre, à distance réglable. Des aigrettes jaillissaient entre ces balais. Dans ces conditions, nous avons obtenu un potentiel très constant et une décharge régulière dans le tube.

Le potentiel de décharge U était mesuré avec un électromètre de Braun soigneusement calibré à plusieurs reprises avec un électromètre absolu de MM. Bichat et Blondlot.

La distance y a été mesurée sur le fond du tube, entre les repères, au moyen d'une machine à diviser et d'une lunette; elle était de 1,987 cm.

Trois séries d'expériences nous ont donné les résultats suivants :

U volts	V volts	[A]
9 330	174.0	212.6
15 444	282.6	214.6
13 200	244.5	212.6

Moyenne [A] = 213.3

Il importe de remarquer qu'une erreur de 1 pour cent sur [A] entraîne une erreur de 0,5 pour cent sur la vitesse v et sur toutes les vitesses v' (formule II). Comme dans la limite de nos expériences le rapport $\frac{\mu'}{\mu}$ varie encore très lentement avec la vitesse, l'erreur qui en résulte sur ce rapport, n'est, dans ce cas, que de 2 pour mille environ, quelle que soit d'ailleurs l'hypothèse adoptée.

L'erreur qui provient du choix de la valeur $\frac{\varepsilon}{\mu}$ dans la détermination des vitesses absolues est aussi très petite. Si, au lieu d'adopter la valeur de Simon $\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}878 \times 10^7$, on lui substitue la valeur plus récemment obtenue par Classen et par Woltz $\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}77 \times 10^7$, l'erreur qui en résulte sur $\frac{\mu'}{\mu}$ est d'environ 6 pour mille dans les conditions de nos expériences, par exemple, entre 80.000 et 147.000 km./sec. (Lorentz). Or, cet écart de 6 pour mille serait encore de quatre à cinq fois plus petit que la différence des valeurs $\left[\frac{\mu'}{\mu}\right]$ calculées par les formules d'Abraham et de Lorentz entre les mêmes limites de vitesse. L'incertitude sur la valeur exacte de $\frac{\varepsilon}{\mu}$ n'est donc pas de nature à compromettre les résultats que l'on peut retirer de la méthode.

III. — LES RÉSULTATS[1]

Afin de pouvoir grouper en un seul tableau les résultats obtenus dans toutes nos séries d'observations, nous avons fait subir aux valeurs, $\frac{\mu'}{\mu}$ trouvées directement par l'expérience, un calcul de réduction.

Dans ce but, les vitesses v et v' étant connues, nous avons calculé par les courbes représentant les formules théoriques (7) et (8) de Lorentz et d'Abraham les valeurs

$$\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_L \qquad \left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]_A \qquad \left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_L \qquad \left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_A$$

Toutes les observations étaient alors réduites au moyen de la relation

$$\frac{\mu'}{\mu_0} = \frac{\mu'}{\mu}\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$$

calculée, soit dans l'hypothèse de Lorentz, soit dans celle d'Abraham.

D'ailleurs, $\left[\frac{\mu}{\mu_0}\right]$ est d'autant plus voisin de l'unité que les rayons de comparaison sont plus lents; sa valeur était généralement de 1,03.

Les tableaux qui suivent donnent les résultats de toutes les séries d'observations que nous avons faites. Dans le premier, la réduction est faite par la formule de Lorentz-Einstein; dans le second, par celle d'Abraham. Les expériences sont ordonnées d'après les vitesses croissantes, quelles que soient d'ailleurs l'ordre chronologique ou les conditions dans lesquelles elles ont été effectuées.

Hypothèse de Lorentz-Einstein

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_L$	Différences
(1)	64 274	1.027	1.024	+ 0.003
(2)	85 406	1.047	1.044	+ 0.003
(3)	92 856	1.060	1.052	+ 0.008
(4)	94 646	1.052	1.054	— 0.002
(5)	96 280	1.072	1.056	+ 0.016
(6)	98 199	1.074	1.058	+ 0.016
(7)	108 730	1.062	1.072	— 0.010
(8)	110 430	1.057	1.075	— 0.018

[1] Le mémoire publié par le Laboratoire donnera les valeurs de I et de V à l'aide desquelles ont été calculés les tableaux ci-dessus.

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_L$	Différence
(9)	115 680	1.095	1.083	+ 0.012
(10)	117 150	1.077	1.086	− 0.009
(11)	117 990	1.082	1.087	− 0.005
(12)	122 020	1.086	1.094	− 0.008
(13)	123 660	1.118	1.097	+ 0.021
(14)	123 870	1.123	1.098	+ 0.025
(15)	124 300	1.103	1.099	+ 0.004
(16)	125 840	1.118	1.101	+ 0.017
(17)	126 610	1.104	1.103	+ 0.001
(18)	127 270	1.118	1.104	+ 0.014
(19)	133 570	1.135	1.117	+ 0.012
(20)	134 380	1.147	1.118	+ 0.029?
(21)	137 700	1.116	1.125	− 0.009
(22)	139 920	1.139	1.131	+ 0.008
(23)	140 930	1.153	1.133	+ 0.020
(24)	142 700	1.116	1.137	− 0.021
(25)	142 760	1.135	1.137	− 0.002
(26)	148 640	1.172	1.151	+ 0.021
(27)	149 500	1.174	1.154	+ 0.020

Hypothèse d'Abraham

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_A$	Différences
(1)	64 274	1.024	1.018	+ 0.006
(2)	85 406	1.039	1.034	+ 0.005
(3)	92 856	1.057	1.040	+ 0.017
(4)	94 646	1.049	1.042	+ 0.007
(5)	96 280	1.064	1.044	+ 0.020
(6)	98 199	1.065	1.045	+ 0.020
(7)	108 730	1.055	1.057	− 0.002
(8)	110 430	1.054	1.060	− 0.006
(9)	115 680	1.087	1.066	+ 0.021
(10)	117 150	1.070	1.068	+ 0.002
(11)	117 990	1.075	1.070	+ 0.005
(12)	122 020	1.078	1.075	+ 0.003
(13)	123 660	1.109	1.077	+ 0.032
(14)	123 870	1.110	1.078	+ 0.032
(15)	124 300	1.095	1.078	+ 0.017
(16)	125 840	1.111	1.080	+ 0.031
(17)	126 610	1.097	1.082	+ 0.015
(18)	127 270	1.109	1.082	+ 0.027
(19)	133 570	1.126	1.092	+ 0.034
(20)	134 380	1.138	1.093	+ 0.045

	v'	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]_A$	Différence
(21)	137 700	1.110	1.098	+ 0.012
(22)	139 920	1.130	1.102	+ 0.028
(23)	140 930	1.140	1.103	+ 0.037
(24)	142 700	1.110	1.107	+ 0.007
(25)	142 760	1.126	1.107	+ 0.019
(26)	148 640	1.159	1.117	+ 0.042
(27)	149 500	1.167	1.119	+ 0.048

Les écarts que l'on constate, même entre les séries voisines, nous autorisent à grouper ces observations par trois et à en prendre la moyenne. Nous avons alors obtenu le tableau final suivant qui a été publié au C. R. de l'Académie des Sciences (7 fév. 1910), et qui résume toutes nos expériences :

Vitesse des rayons	Hypothèse de Lorentz-Einstein			Hypothèse d'Abraham		
	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$	Différences	$\frac{\mu'}{\mu_0}$	$\left[\frac{\mu'}{\mu_0}\right]$	Différences
80 845	1.045	1.038	+0.007	1.040	1.030	+0.010
96 375	1.066	1.056	+0.010	1.060	1.044	+0.016
111 610	1.072	1.077	−0.005	1.065	1.061	+0.004
119 050	1.082	1.089	−0.007	1.074	1.071	+0.003
123 940	1.115	1.098	+0.017	1.105	1.078	+0.027
126 570	1.114	1.103	+0.011	1.106	1.082	+0.024
135 220	1.133	1.120	+0.013	1.125	1.094	+0.031
141 180	1.136	1.133	+0.003	1.127	1.103	+0.024
147 000	1.160	1.147	+0.013	1.151	1.113	+0.038

La courbe (fig. 5) représente graphiquement les résultats consignés dans ce tableau; les croix sont relatives à l'hypothèse de Lorentz; les points à celle d'Abraham. Les deux courbes L et A représentent les formules théoriques (7) et (8).

Conclusions

Avant de formuler notre conclusion, résumons d'abord brièvement les conditions expérimentales qui caractérisent nos expériences, conditions qui nous ont permis d'étendre les mesures de la variation d'inertie des corpuscules cathodiques jusqu'au voisinage d'une vitesse égale à la *moitié de celle de la lumière*, et cela sans l'intervention de la lumière ultraviolette.

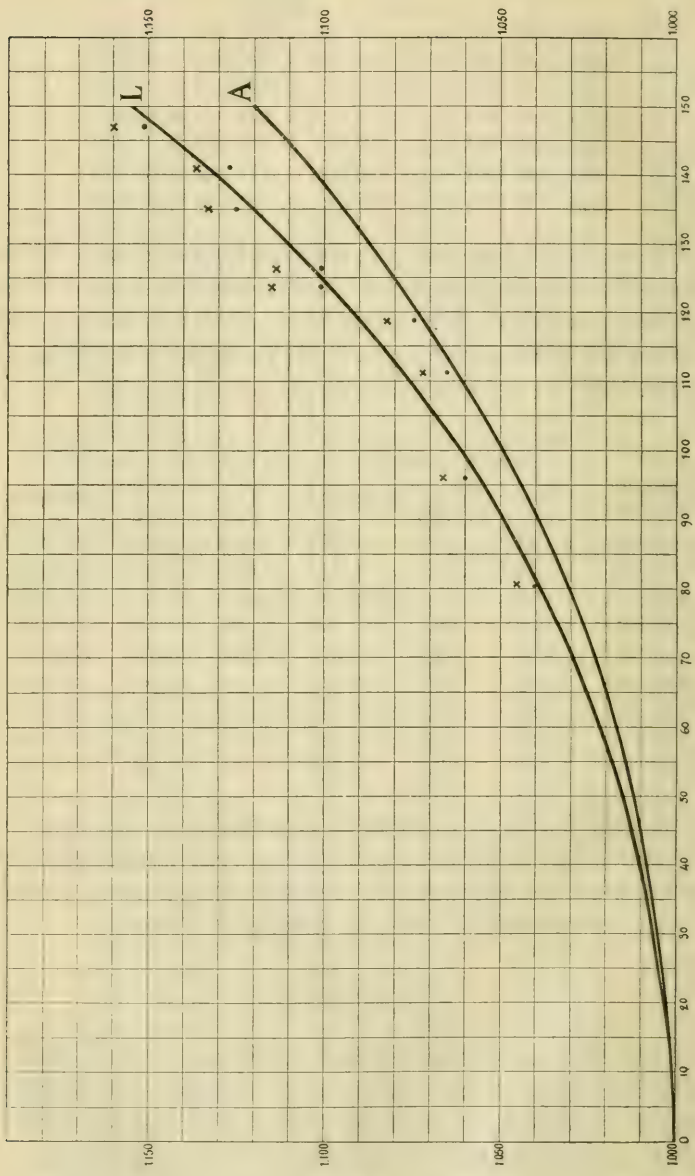

L
A
1150
1100
1050
1000
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150

Fig. 5

Ces conditions sont :

1° L'emploi de la méthode des trajectoires identiques, qui permet d'opérer sur des déviations relativement grandes, et qui ne nécessite, dans la limite de nos expériences, ni la connaissance exacte des champs magnétique ou électrique, ni leur uniformité.

2° L'emploi d'un système compensateur annulant le champ terrestre et donnant, par conséquent, à la méthode précédente son maximum de rigueur, en assurant, en outre, la symétrie des déviations gauche et droite.

3° L'emploi d'une source alternative de grande périodicité et de débit appréciable, donnant au fonctionnement du tube, particulièrement dans les expériences à très haut voltage, une régularité beaucoup plus grande qu'avec les machines électrostatiques de faible débit.

Indépendamment de ces trois conditions principales, nous mentionnerons toute une série de mesures de précaution qui nous paraissent indispensables dans des mesures de précision Nous citerons particulièrement :

a) La protection du tube contre les actions électrostatiques extérieures ou intérieures, par l'emploi de papier d'étain à la terre recouvrant extérieurement la presque totalité du tube.

b) L'augmentation du degré de vide par l'action simultanée du chauffage du tube et de la double pompe de Gaede ; la suppression de toute matière fluorescente autre que le verre ; enfin, l'action de l'air liquide destiné à condenser les impuretés et à diminuer ainsi leur tension de vapeur ; la suppression de tout robinet, le tube étant directement soudé à la pompe.

c) L'emploi de conducteurs noyés dans du caoutchouc pour amener le courant de haute tension du secondaire de la bobine jusqu'au tube cathodique, de façon à éviter, autant que possible, les décharges latérales.

d) La symétrie du champ électrostatique assurée par rapport à l'enveloppe du tube, en chargeant toujours les deux plateaux du condensateur à des potentiels $+\frac{V}{2}$ et $-\frac{V}{2}$; l'enveloppe du tube étant à la terre.

e) La mise à la terre du condensateur pendant les mesures de déviation magnétique.

f) La vérification de la graduation du milliampèremètre servant à mesurer V et I, ainsi que les résistances employées.

g) La comparaison avec un électomètre absolu du voltmètre mesurant le potentiel de décharge (détermination de la constante [A]).

h) Enfin, le mode opératoire consistant à expérimenter toujours par déviation à droite et à gauche, en alternant les déviations magnétique et électrique, de façon à éliminer, autant que possible, l'influence des variations de vitesse des rayons cathodiques au cours d'une même série, variations qui constituent la plus grande difficulté des mesures effectuées sur les rayons cathodiques de grande vitesse.

D'autre part, nous mentionnons comme principal inconvénient de la méthode le peu d'exactitude du pointé; l'écart maximum sur chaque lecture isolée pouvait être évalué à 2/10 ou 3/10 de mm., soit 6/10 de mm. sur l'ensemble de deux lectures droite et gauche, et cela pour une déviation de 40 mm. : donc, dans le cas le plus défavorable, l'erreur sur le pointé seulement pouvait atteindre 1 1/2 % environ sur une *mesure isolée*. Cet écart devait nécessairement être beaucoup moindre sur les moyennes et ne justifierait pas, à notre avis, les écarts observés entre les séries voisines. Ces écarts sont dus, probablement en grande partie, aux variations inévitables et pas toujours compensées de la dureté du tube au cours d'une même série.

Les autres causes d'erreur que nous avons cherché à évaluer : erreur provenant du chiffre adopté pour la valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu}$; erreur résultant de la variation de vitesse du corpuscule dans le champ électrostatique; erreur provenant de la graduation des instruments de mesures; toutes ces erreurs se sont trouvées individuellement, dans les limites de nos expériences de quelques pour mille seulement. Elles ne nous paraissent pas suffisantes pour modifier la conclusion qui se dégage de la fig. 5, à savoir que la théorie de l'électron indéformable ne donne pas en moyenne des résultats conformes à l'expérience pour les grandes vitesses. Même si l'on substitue à la valeur de Simon celle de Classen et Woltz, cette substitution aurait pour effet

d'augmenter encore un peu la divergence entre cette formule et l'expérience.

D'autre part, les résultats de notre travail ne sont pas assez précis pour infirmer la formule de Lorentz-Einstein. Les écarts observés peuvent, en effet, être envisagés comme rentrant encore dans la limite des erreurs d'expérience, surtout si l'on prend en considération le fait que pour obtenir les différents points indiqués sur les courbes de la fig. 5, on a ordonné toutes les expériences d'après la vitesse trouvée pour les rayons cathodiques, quelle que soit l'époque et les conditions dans lesquelles ces expériences ont été effectuées. On n'a donc tenu aucun compte du fait que les expériences isolées qui déterminent une position sur la fig. 5, ont été effectuées souvent dans des conditions différentes, par exemple en choisissant d'autres déviations; les tubes ayant dû, au cours des expériences, être modifiés après perforation, et les cathodes changées par suite de leur détérioration, la position des bobines magnétisantes n'était pas non plus la même dans toutes les séries de mesures. Cette variété dans les conditions des expériences explique en partie pourquoi la position des points manque de continuité, mais il n'en est que plus remarquable de constater leur rapprochement de la courbe théorique de Lorentz, particulièrement pour les grandes vitesses.

Une dernière remarque : Les deux catégories de points de la fig. 5 correspondent aux résultats expérimentaux suivant qu'ils ont été corrigés en supposant exacte la formule de Lorentz ou celle d'Abraham.

Comme il ne s'agit ici que d'une correction, il est bien évident que l'on ne peut tirer aucune conclusion du fait que les valeurs expérimentales corrigées par la formule d'Abraham, s'approchent davantage de la courbe théorique de Lorentz; la différence entre les deux catégories de points est, comme on le voit par la figure elle-même, de l'ordre des erreurs accidentelles.

Nous pouvons donc conclure que, *des deux formules proposées, celle de Lorentz-Einstein est la seule qui donne, pour les rayons cathodiques de grande vitesse, des résultats compatibles avec la moyenne de nos expériences.*

Genève. Laboratoire de Physique de l'Université.

LE PLATINE

ET LES

GITES PLATINIFÈRES DE L'OURAL

PAR

L. DUPARC

Professeur à l'Université de Genève

(Suite[1]*)*

DISPOSITION GÉNÉRALE DES PRINCIPAUX GISEMENTS DUNITIQUES DE L'OURAL

J'examinerai sommairement la disposition qu'affectent les gisements primaires dunitiques de l'Oural, en donnant pour plus de la clarté des petites cartes géologiques de ceux-ci, et en les décrivant successivement en allant du Sud au Nord de la grande chaîne.

Gisement de l'Omoutnaïa

Il est situé dans la Sysserskaya-Datcha, et sur le versant européen de l'Oural; c'est l'un des plus petits gisements dunitiques. On y parvient en quelques heures depuis les usines de Polewskoï. Le centre dunitique se trouve dans la partie inférieure du cours de l'Omoutnaïa, entre cette rivière et celle appelée Malaïa Kroutarskaya qui est un affluent de la Tschoussowaïa. Le dunite affleure suivant une ellipse, dont le grand axe, qui est à peu près dirigé NO-SE, mesure 1, 8 à 2 kilomètres, tandis que le petit axe a un kilomètre à peine. L'affleurement n'est traversé par l'Omoutnaïa que sur une très faible distance,

[1] Voir *Archives*, mars 1911, p. 211.

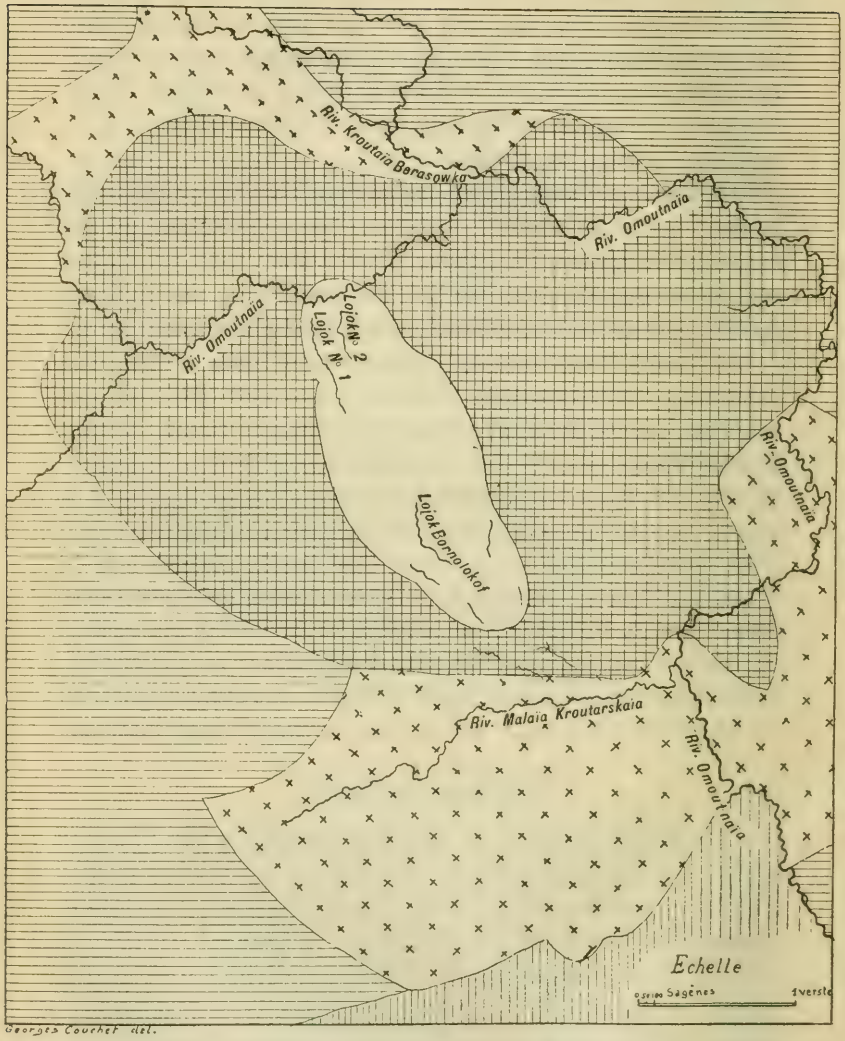
et dans son extrémité NO ; par contre la rivière reçoit sur la rive droite deux petits lojoks qui sont entièrement encaissés dans la dunite. Dans la partie SE de l'affleurement, il existe encore plusieurs petits lojoks dont la partie supérieure et trouve également dans la dunite, et qui descendent sur Malaïa Kroutarskaya. La dunite est du type ordinaire, elle renferme quelques ségrégations de chromite.

Une large ceinture de pyroxénites entoure cette dunite, elles forment quelques ouwals tout autour de la crête dunitique qui est de faible élévation et couverte par la forêt. Ces pyroxénites sont à leur tour circonscrites par des gabbros et des gabbros diorites, qui présentent différents types pétrographiques (fig. 4).

Les roches filoniennes qu'on rencontrent dans ce gisement traversent principalement la dunite. Ce sont d'abord des superbes *pegmatites à Hornblende,* à éléments constitutifs de grande dimension ; puis des *issites* pures ou des *issites à feldspath*, et enfin des filons leucocrates de la série des *plagiaplites*. Les filons leucocrates et mélanocrates se rencontrent dans les pyroxénites, mais ils paraissent y être moins abondants que dans la dunite. La riviere Omoutnaïa ne devient platinifère qu'à partir du moment où elle pénètre dans la dunite, la plus grande partie du platine contenu dans ses alluvions provient des deux petits lojoks qui s'y jettent. Le platine se trouve également dans les alluvions des lojoks qui descendent sur Malaïa-Kroutarskaïa.

Gisement de Taguil

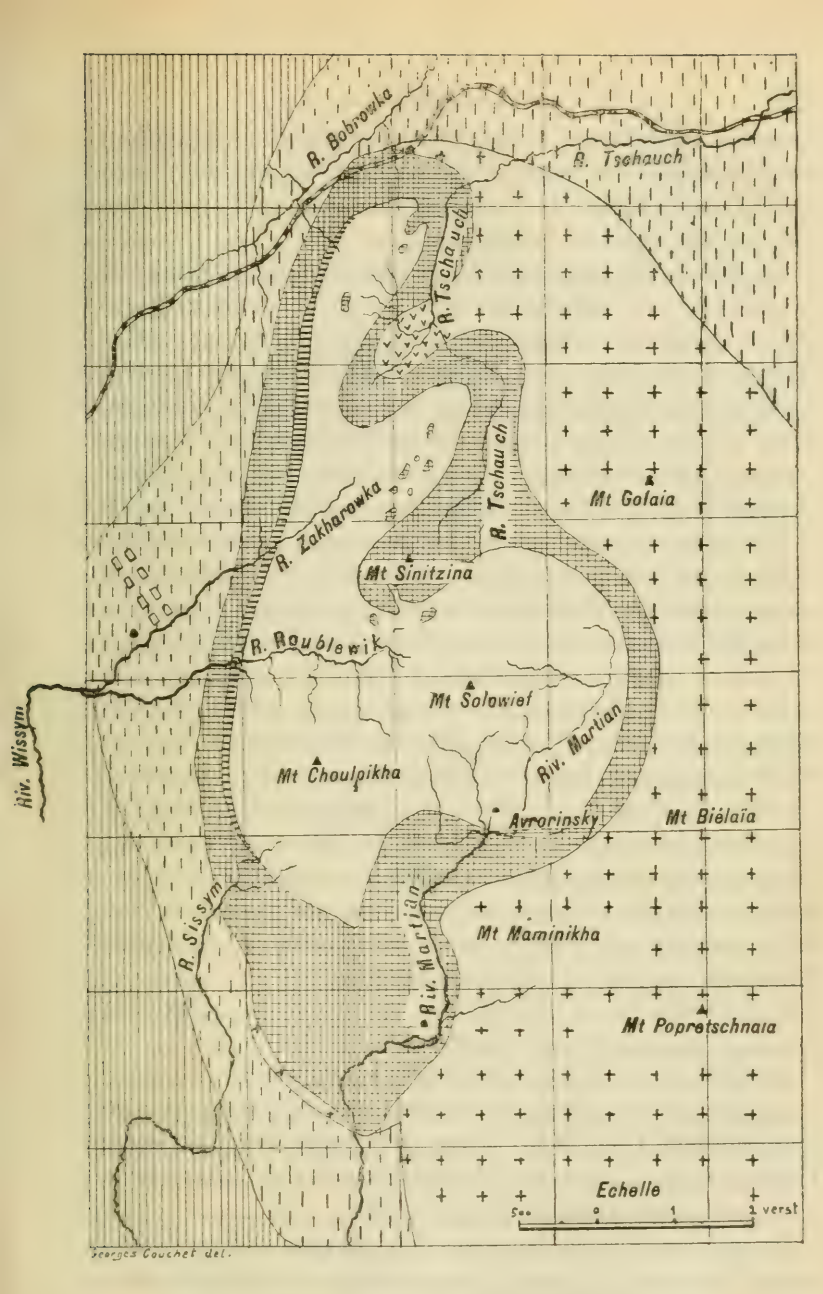
C'est le plus important et le plus considérable des gites primaires dunitiques. Il est situé sur la ligne de partage même, à 25 kilomètres environ au SO de Taguil. Le gisement dunitique primaire a la forme d'une lentille dont le grand axe est dirigé à peu près N S mesure plus de 10 kilomètres (fig. 5). Cette lentille est irrégulière et renflée dans la partie sud ; là son petit axe mesure plus de 5 kilomètres. La dunite elle-même constitue une série de petits sommets aux formes arrondies et caractéristiques ; tels par exemple le Mont Solowieff, La Choulpikha, etc. qui sont toujours couverts par la forêt de pins ; cette dunite est très uniforme sur tout le gisement et constamment rubéfiée superficiellement. Les ségrégations de chromite y sont abon-



Pyroxénites — Dunite — Gabbros

Gabbro-diorites — Quartzites

Fig. 4. — Carte du gisement platinifere de l'Omoutnaïa.



Dunite
Pyroxénites
Tilaïtes
Serpentines
Gabbros, diorites, etc.
Schistes dynamo-métam.
Schistes cristallins

Fig. 5. — Carte géologique du centre platinifère de Taguil d'après MM. Wyssotsky et Lavaritsky.

dantes et se trouvent en des points fort différents de l'affleurement, mais principalement à la base et au sud du Mont Solowieff. Dans la dunite de Taguil je n'ai nulle part trouvé des filons mélanocrates ou leucocrates.

La dunite est circonscrite par une ceinture continue de pyroxénites qui toutefois est très mince sur les deux flancs Est et Ouest de l'affleurement. Ces pyroxénites sont surtout largement développés dans la partie S de celui-ci; elles forment un gisement important à la pointe sud de la lentille dunitique. Des « langues » de ces pyroxénites qui se détachent de la partie orientale de la ceinture, s'avancent en plusieurs points à l'intérieur de l'affleurement dunitique, notamment dans la partie N E de celui-ci, les pyroxénites recouvrent alors manifestement la dunite qui forme soubassement. De nombreux chapeaux sans racines de ces pyroxénites se rencontrent isolés à l'intérieur de la dunite. Dans la partie Ouest et Nord-Ouest de l'affleurement, une mince bande de véritables serpentines s'intercale entre la dunite et les pyroxénites ; ces roches sont absolument distinctes de la dunite, elles ont une tout autre patine, s'érodent différemment, sont beaucoup plus dures, et se retrouvent dans les alluvions alors que la dunite a complètement disparu. Les pyroxénites sont aussi accompagnées de tilaïtes et de gabbros à l'olivine mélanocrates, mais ces roches jouent un rôle très subordonné, on les trouve tout à fait localement sur quelques points de la ceinture, notamment sur la rive gauche de la rivière Tschauch, près du lojok de Kotchkowatka.

Les pyroxénites, au point de vue microscopique, présentent les deux types koswite et pyroxénite franche.

Les gabbros, gabbros-saussuritisés, gabbros-diorites et pseudodiorites circonscrivent d'une manière continue la ceinture pyroxénitique. Du côté de l'Ouest, ces roches sont peu développées, et font suite aux schistes cristallins qui, en certains endroits, touchent presque les pyroxénites.

Du côté de l'Est, au contraire, les gabbros et leurs congénères s'étendent fort loin et constituent une zone puissante, qui va au-delà du lac de Tscherno-Istotschnik, et qui comprend toute une série de montagnes séparant le cours de Martian du bassin de la Kamenka, à savoir : la Golaïa, la Biélaïa-

gora, les montagnes de Popretschnaïa, de Chirokaya, etc. La description de tous les types pétrographiques rencontrés dans cette zone ne saurait trouver place ici. Le gisement dunitique se trouve donc sur la bordure occidentale de la grande bande des roches basiques. Les rivières platinifères qui proviennent de la dunite sont :

1. *La rivière Martian* dont la première source se trouve dans la dunite un peu au sud de la Golaïa-gora, et qui coule dans une vallée encaissée à l'Ouest par les montagnes qui forment l'affleurement dunitique, et à l'Est par la Bielaïa-gora et son prolongement sud. Dans la partie supérieure de son cours, Martian reçoit une série d'affluents platinifères qui occupent des lojoks et qui proviennent de la dunite, affluents qui s'amorcent tous à la base du Solowieff. Ce sont, en allant de l'amont vers l'aval : le Bielogorsky-log, le Poupkowsky-log, la Soukhoï-log, l'Alexandrowsky-log, la Malaïa et Balchaïa Choulpikha, etc., etc. La rivière Martian a plusieurs fois changé son lit, il existe en effet un ancien lit qui est situé plus à l'Est et au-dessus du lit actuel, au pied de la montagne Bielaïa. La rivière Martian va dans le lac artificiel de Wyssimo-Chaïtansk.

2. *La rivière Sissym*, beaucoup moins importante, et avec un cours plus petit que Martian. Elle s'amorce dans la dunite, ses deux sources se trouvent au pied de la montagne de Choulpikha et au sud. Elle reçoit somme toute peu d'affluents provenant de la dunite, de sorte que ses alluvions ont été plus pauvres que celle de Martian. Elle coule d'ailleurs à peu près parallèlement à cette dernière.

3. *La rivière Wissym.* C'est le produit de la réunion de deux cours d'eau la Roubléwik et la Zakharowka. La Roubléwik prend naissance au pied du Solowieff également, et traverse de l'Est à l'Ouest une grande partie de l'affleurement dunitique ; elle reçoit une série d'affluents latéraux tous encaissés dans la dunite, tels que le Kroutoï-log, Arkhipowsky-log, Solowiewsky-log, etc. La rivière Zakharowka s'amorce un peu plus au Nord, dans la dunite également, et à proximité de la montagne de Sinitzina-Gora. Elle se réunit à Roublewik un peu en aval du village de Zakharowka ; après leur confluent, la Wyssin change brusquement de direction et coule vers le Sud, puis le Sud-Est, elle se

jette également dans le lac de Wissimo-Chaïtansk, soit dans l'Outka.

4. *La rivière Tschauch.* Elle prend sa source à une faible distance de Martian, au flanc Nord du Solowieff, et toujours dans la dunite; puis elle quitte celle-ci, et coule vers le Nord en suivant le flanc oriental de l'affleurement dunitique. Elle reçoit dans ce trajet sur sa rive gauche un ou deux petits affluents qui en partie proviennent de la dunite, puis près de l'extrémité nord de l'ellipse dunitique, la rivière tourne brusquement vers l'Est et se jette dans le lac de Tscherno-Istotschnik. On sait actuellement que le cours de cette rivière n'a pas toujours été celui d'aujourd'hui, et que, comme Martian, elle a changé de lit.

5. *La rivière Bobrowka.* Celle-ci ne prend pas naissance dans le gisement dunitique; elle reçoit seulement deux petits lojoks qui en proviennent et qui se trouvent tout à fait à l'extrémité nord de celui-ci.

Gisements de l'Iss

Ils sont situés sur la Schouwalowskaya-Datcha, et sur le versant asiatique de l'Oural. On peut y parvenir depuis Nijne-Toura en suivant le cours de l'Iss, ou au contraire par la ligne de chemin de fer Perm-Kouchwa, depuis la station de Téploïa-Gora, en traversant la ligne de partage. Les deux centres dunitiques se trouvent immédiatement à l'Ouest du Katchkanar (fig. 6).

Cette montagne est constituée par un important massif de pyroxénites et koswites qui passent latéralement à des tilaïtes et des gabbros à olivine; elle rappelle beaucoup par sa constitution la montagne du Koswinsky dont il sera question ultérieurement.

Le premier appelé **gisement de Swetli-bor**, confine immédiatement au Katchkanar. La dunite y affleure sous forme d'une grosse ellipse dont le grand axe oriente presque N S ou légèrement N N O mesure 6 kilomètres et le petit axe 3 kilomètres. Cette dunite constitue une région vallonnée de faible élévation, qui partout est couverte par la forêt de pins. Elle est ravinée par de nombreux lojoks affluents de l'Iss ou de la Kossia. La dunite est du type habituel, elle ne paraît pas être riche en ségrégations de fer chromé; par contre elle est traversée par

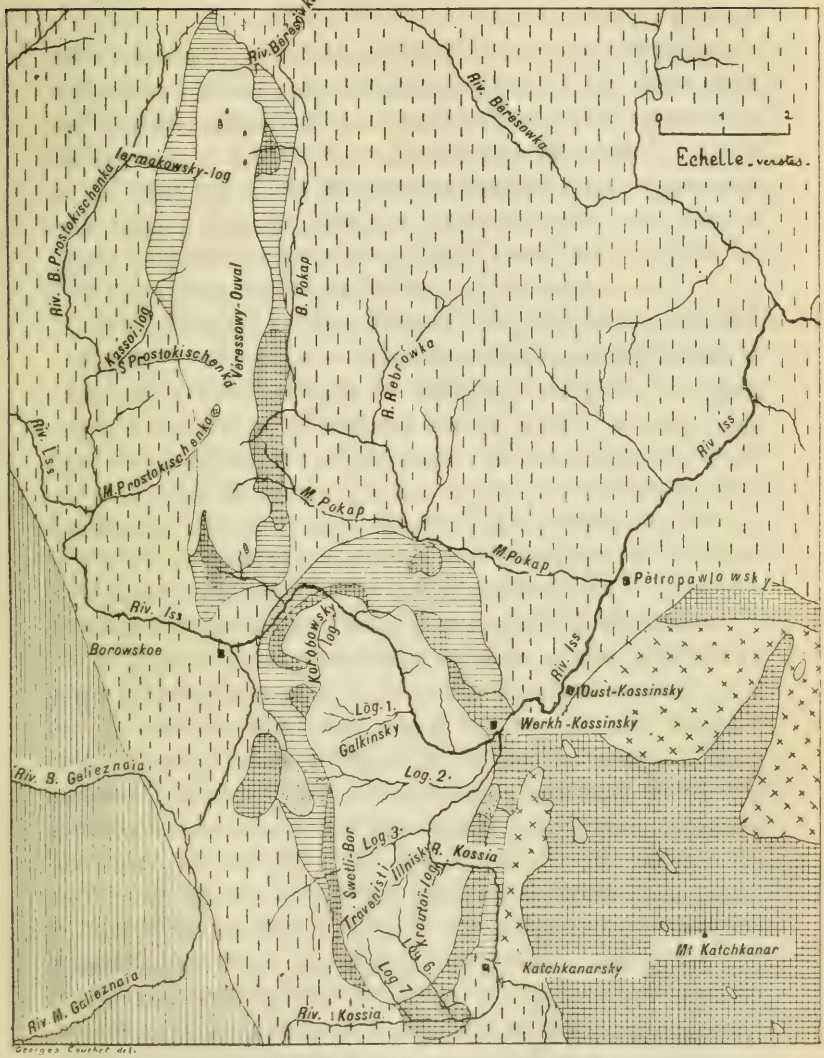


Fig. 6. — Carte géologique des gisements platinifères de l'Iss d'après M. Wyssotsky.

de nombreux filons mélanocrates représentés par les issites et issites à plagioclases.

La dunite est circonscrite par la ceinture pyroxénique habituelle, mais qui, ici, est discontinue et toujours fort mince. Les pyroxénites se trouvent sur toutes les parties Sud, Est, et Sud-Est de l'affleurement dunitique, par contre la ceinture est interrompue au nord, puis en quelques points du flanc Est et Nord-Est de l'affleurement où les gabbros-diorites entrent alors en contact direct avec la dunite. Dans la partie Sud-Ouest, pyroxénites et gabbros font tout à fait défaut, et, autant qu'il est permis d'en juger sur le terrain celui-ci étant très couvert, la dunite entre en contact immédiat avec les schistes métamorphiques. La deuxième ceinture de gabbros diorites est également réduite et ne se trouve que dans les parties Ouest, Nord-Ouest, Nord et Ouest de l'affleurement ; à l'intérieur de cette ceinture et dans la partie N.-E., il existe un petit îlot de pyroxénites, il affleure sur le cours même de B. Pokap. Un second îlot en partie circonscrit par les schistes cristallins, se trouve également sur le bord occidental de l'affleurement dunitique.

Le deuxième appelé **gisement de Wéressowy-ouwal** se trouve au nord du premier et légèrement rejeté vers l'Ouest, il en est séparé d'un kilomètre à peine. Il se présente sous forme d'une longue et étroite crête de dunite orientée N.-S., dont la longueur dépasse 8 kilomètres et la plus grande largeur 1,6 kil. ; elle est en moyenne plus élevée que Swetli-bor et le sommet principal en est rejeté un peu au nord. La dunite qui forme cette crête est identique à celle de Swetli-bor, mais elle renferme assez fréquemment des ségrégations de fer chromé. La ceinture pyroxénitique est ici comme je l'ai vérifié tout à fait discontinue, elle se retrouve sur la partie sud du flanc oriental, et à la partie S.-O. de la crête dunitique, partout ailleurs elle disparait ou est réduite à quelques petits affleurements discontinus. Par contre, en plusieurs endroits, notamment dans la partie septentrionale de Wéressowy-ouwal et aussi près de la source de M. Prostokischenka, on trouve des petits chapeaux de pyroxénites à l'intérieur de l'affleurement dunitique. Les pyroxénites présentent les deux types indiqués, soit les koswites et les pyroxénites franches.

La deuxième ceinture de roches gabbroïques est également réduite et discontinue, elle est développée dans la moitié nord de Wéressowy et entre fréquemment en contact immédiat avec la dunite ; elle est excessivement réduite ou fait défaut dans la moitié sud, de sorte que là où les pyroxénites manquent la dunite entre en contact avec les schistes cristallins.

Les rivières platinifères qui proviennent de ces deux centres sont :

I. De **Wéressowy-ouwal**. Tout d'abord et sur le flanc ouest en remontant du Sud au Nord.

1. La *Malaïa-Prostokischenka*. 2. La *Srednïa-Prostokischenka* 3. Le *Kassoï-log*. 4. Le *Jermakowsky-log*. Ces quatre rivières sont des affluents de la *Balchaïa-Prostokischenka* qui se jette dans l'*Iss* en amont du village de Borowskoe.

Sur le flanc Ouest et toujours du Sud au Nord, 5. la *petite Pokap* et 6. la *grande Pokap*. Ces deux rivières qui se réunissent, reçoivent une série de petits tributaires encaissés dans des lojoks situés sur ce flanc. La grande Pokap qui coule vers l'Est, se jette dans l'Iss en aval du confluent de la Kossia.

7. La rivière *Beresowka* qui se jette également dans l'Iss beaucoup plus en aval, reçoit quelques petits tributaires qui viennent de l'extrémité Nord de Wéressowy.

II. **De Swetli-bor**. C'est premièrement : 8. la *rivière Iss* elle-même, qui traverse obliquement toute la partie Nord de l'affleurement dunitique. L'Iss prend sa source dans le voisinage de sa ligne de partage, elle coule d'abord du N. au S., puis en moyenne au S. E. jusqu'à Borowskoe. c'est en amont de ce village qu'elle reçoit la B. Prostokischenka. Après avoir décrit un coude vers le N. E., elle reprend la direction générale S. E., et traverse en cluse l'affleurement dunitique. Dans ce trajet elle reçoit plusieurs affluents ou logs encaissés dans la dunite, les plus importants sont sur la rive droite et appelés comme suit, de l'amont vers l'aval : le *Korobowsky-log*, le *log N° I* et le *log N° II*.

9. La rivière *Kossia* qui se jette dans l'Iss à sa sortie de la dunite. Cette rivière s'amorce plus à l'Ouest, dans les schistes cristallins ; elle tient son platine d'une série de logs encaissés dans la dunite, qui sont des affluents situés sur sa rive gauche

et s'appellent de l'amont à l'aval, les *logs N° VII* et *N° VI*, le *log N° III* et le *Travénisty-log* qui s'y jette, l'*Illinsky-log*, et le *Kroutoï-log*. En aval du confluent de Béresowka l'Iss ne reçoit plus aucun affluent platinifère jusqu'à son confluent avec la Toura. Or, les alluvions de l'Iss contiennent du platine jusqu'à ce confluent, et la Toura elle-même est également platinifère ; tout ce platine provient exclusivement des deux gîtes primaires indiqués.

GISEMENT DE KAMÉNOUCHKY

Ce gisement se trouve sur la Pawdinskaya-Datcha à 20 kilomètres environ de Wéressowy-ouwal, et au N. N. E. par rapport à lui. Il se présente dans des conditions assez analogues à Swettli-bor, en ce sens qu'il se trouve sur la bordure N. O. du massif important de gabbro qui constitue la montagne de Sarannaya. L'ellipse dunitique qui forme le gîte primaire est disposée suivant une assez longue crète boisée, qui est dirigée à peu près N. N. O., S. S. E. et dont le grand axe mesure 3 kil. environ, tandis que le petit 1 à 1,5 kil. seulement (fig. 7). L'ouwal dunitique est mamelonné, et montre la topographie caractéristique habituelle La dunite est très uniforme, fort altérée, et présente des variétés qui sont très schisteuses. Elle est criblée de *filons leucocrates* du type des *plagiaplites*, et de *filons mélanocrates* représentés par les *issites* et les *issites* à *plagioclase*. On trouve même des *variétés mésocrates* variées d'aspect dioritique, puis en très grande abondance, d'énormes filons de *pegmatite* à *hornblende* à éléments gigantesques, filons qui sont identiques à ceux que l'on observe au gisement de l'Omoutnaïa.

La dunite renferme localement des ségrégations de chromite, je n'ai à la vérité, pas trouvé ce minéral en place, mais j'en ai vu de nombreux blocs dans les alluvions des rivières Kaménouchka.

Les pyroxénites font une ceinture continue autour de la dunite, elles forment le dernier sommet distinct sur l'ouwal dunitique du côté Nord, puis tout à fait au Sud et sur la même crète, le sommet appelé Sokolinaïa. Cette ceinture n'a pas une épaisseur uniforme, elles est développée à l'extrémité Nord et

surtout à celle Sud de l'ellipse dunitique, tandis que sur les deux flancs, notamment sur le flanc occidental, elle est assez étroite. Les pyroxénites sont traversés par des filons de pegmatite à hornblende à grands éléments, semblable à celle qui qui traverse la dunite.

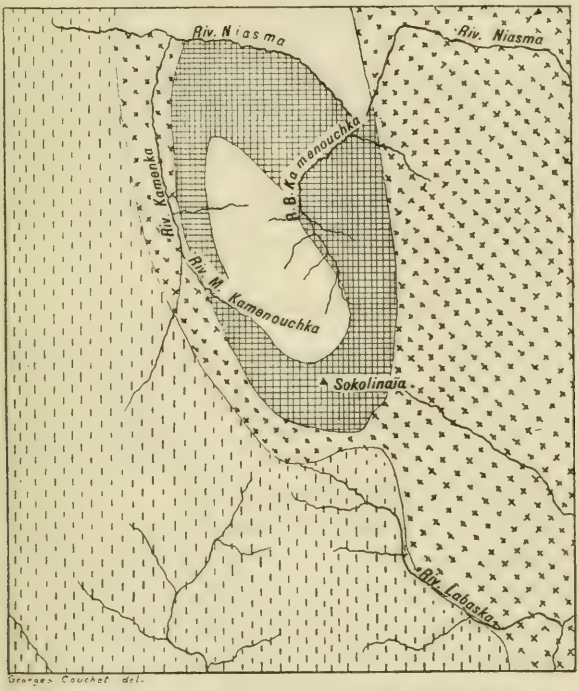


Fig. 7. — Croquis géologique du gisement de Kamenouchky par M. L. Duparc

Les pyroxénites sont à leur tour circonscrites par des roches gabbroïques, qui, vers l'Ouest, sont vertes, plus ou moins schisteuses, et rattachables à des gabbros écrasés et dynamométamorphosés, tandis que vers l'Est on trouve des gabbros francs ou ouralitisés du type normal.

Les rivières qui proviennent du Kaménouchky sont :

1. *La Malaïa-Kaménouchka*. Elle descend du flanc Ouest de la crête dunitique dans la partie Sud de celui-ci, et se jette

dans la rivière Kamenka. La *rivière Kamenka*, dont les alluvions sont platinifères également, tient son platine exclusivement de Malaïa Kamenouchka. Elle se jette dans la Niasma.

2. *La Balchaïa-Kaménouchka*. Elle s'amorce sur le flanc Est de l'affleurement dunitique ; sa source est à peu près symétrique à celle de M. Kaménouchka. Elle reçoit une série de petits lojoks qui se trouvent sur ce flanc et qui tous renferment du platine dans leurs alluvions. La B. Kaménouchka se jette dans la Niasma un peu en aval du confluent de Kamenka.

La rivière Niasma n'est platinifère que par les apports des des deux Kaménouchka.

La Lialia qui reçoit la Niasma contient également du platine qui lui a été apporté par cette dernière.

LES GISEMENTS DU KOSWINSKY

Ils sont situés sur la Pawdinskaya et la Rastesskaya-Datcha, et sur les deux versants de la montagne du Koswinsky. Celle-ci constitue un puissant massif de pyroxénites et de koswites qui, vers l'Ouest et le Sud-Ouest, passent aux tilaïtes qui forment le Pharkowsky-ouwal et le Malinki-ouwal.

Le **gisement du Sosnowsky-ouwal** se trouve sur le flanc Ouest du Koswinsky (fig. 8). Il est formé par une assez longue crête de dunite qui est orientée sensiblement du Nord au Sud, et qui, selon cette direction, mesure environ 4 kilomètres, tandis que la largeur maxima de cet affleurement dunitique est à peine à 2 kilomètres. La dunite rubéfiée présente des variétés schisteuses, elle renferme des ségrégations de chromite qui paraissent être assez abondantes mais généralement petites. La ceinture de pyroxénite fait ici presque défaut ; en effet, on ne rencontre que tout-à-fait localement des petits affleurements de ces roches au contact de la dunite, et ceci seulement au flanc Est de l'ouwal ; par contre de ce côté, la ceinture pyroxénitique est remplacée par des gabbros à olivine et des tilaïtes qui sont ici largement développées et traversées par des microgabbros filoniens. Les tilaïtes font défaut du côté de l'Ouest. Là la dunite entre directement en contact avec des roches vertes. schisteuses, qui sont des diabases écrasés par dynamo-métamorphisme.

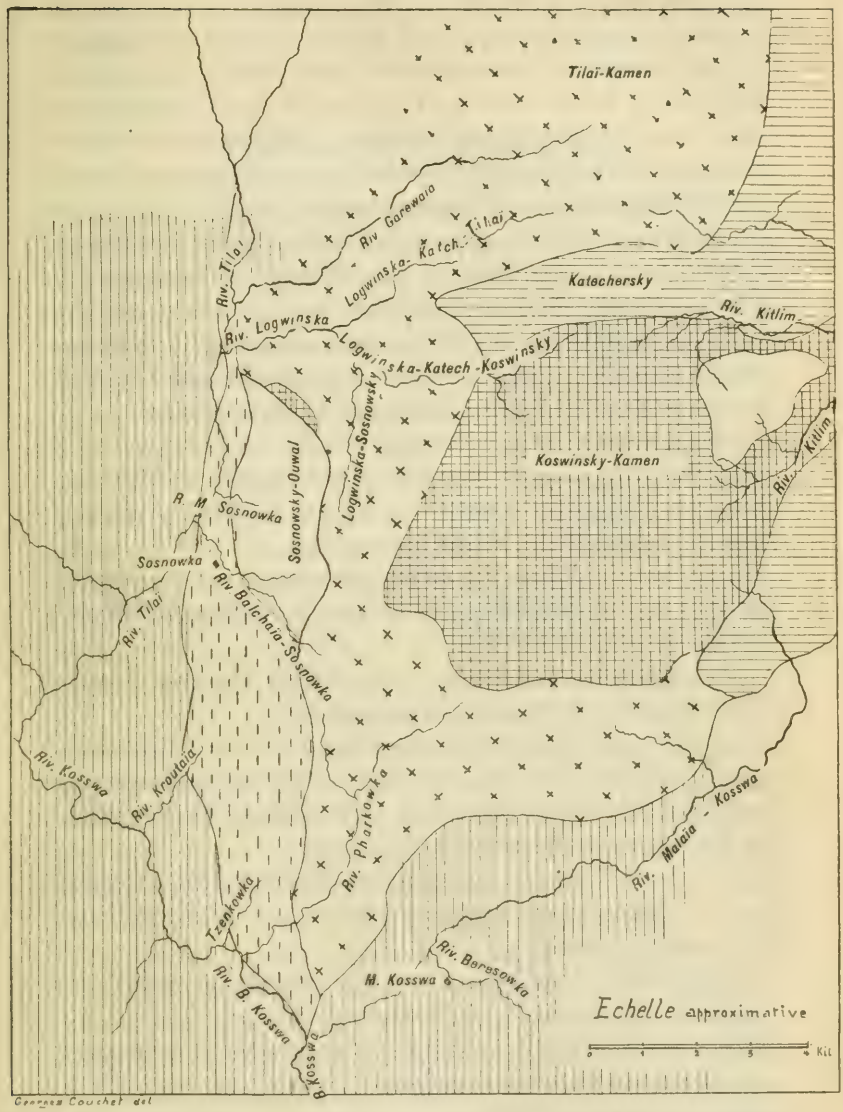


Fig. 8. — Carte géologique des gîtes platinifères du Koswinsky par M. L. Duparc.

Le **gisement de Kitlim** se trouve sur le flanc oriental du Koswinsky, dans l'éperon qui se détache de cette montagne et s'avance vers l'Est. Ce gîte primaire rentre dans le type normal. La dunite y est de toute part circonscrite par les pyroxénites qui forment ici une ceinture continue. L'affleurement dunitique atteignant une assez grande élévation, est complètement dénudé et se distingue de loin déjà par sa couleur rougeâtre. La dunite est du type ordinaire; elle est traversée par des très minces filonnets de roches variées, soit des *albitites* et des *granulites à plagioclases* pour le type leucocrate, et des *wehrlites* et des *issites à plagioclases* pour le type mélanocrate. Elle renferme aussi d'abondantes ségrégations de fer chromé que l'on peut voir en place ou en débris à la surface de l'affleurement.

Les pyroxénites sont accompagnées par les koswites; elles sont traversées par des filons de *dunite franche,* puis par des filons de *dunite sidéronitique* et enfin par des filons de *plagiaplites* qui représentent le type leucocrate.

La ceinture externe des roches gabbroïques est représentée par les gabbros ouralitisés qui forment la montagne du Katéchersky et le Kitlimsky-ouwal.

Les rivières platinifères qui proviennent des deux centres indiquées sont : **Pour le Sosnowsky-ouwal :**

1. *La grande Sosnowka*, qui s'amorce sous le Pharkowsky-ouwal, mais qui traverse une petite partie de l'affleurement dunitique. Elle reçoit deux petits lojoks platinifères également, qui descendent du flanc Ouest de l'ouwal.

2. *La petite Sosnowka* qui est presque entièrement encaissée dans la dunite, et qui coule également sur le flanc occidental du Sosnowsky-ouwal.

3. *La rivière Logwinska* (l'une des sources du moins) qui coule sur le flanc oriental du Sosnowsky-ouwal.

4. *La rivière Tilaï* qui reçoit ces trois rivières, et qui devient platinifère en aval de leur confluent.

Pour le gisement Kitlim :

1. Une série de lojoks *(Abodramy-lojok, Djudinsky-log, Popowsky-log)*, qui forment les sources de la rivière Kitlim.

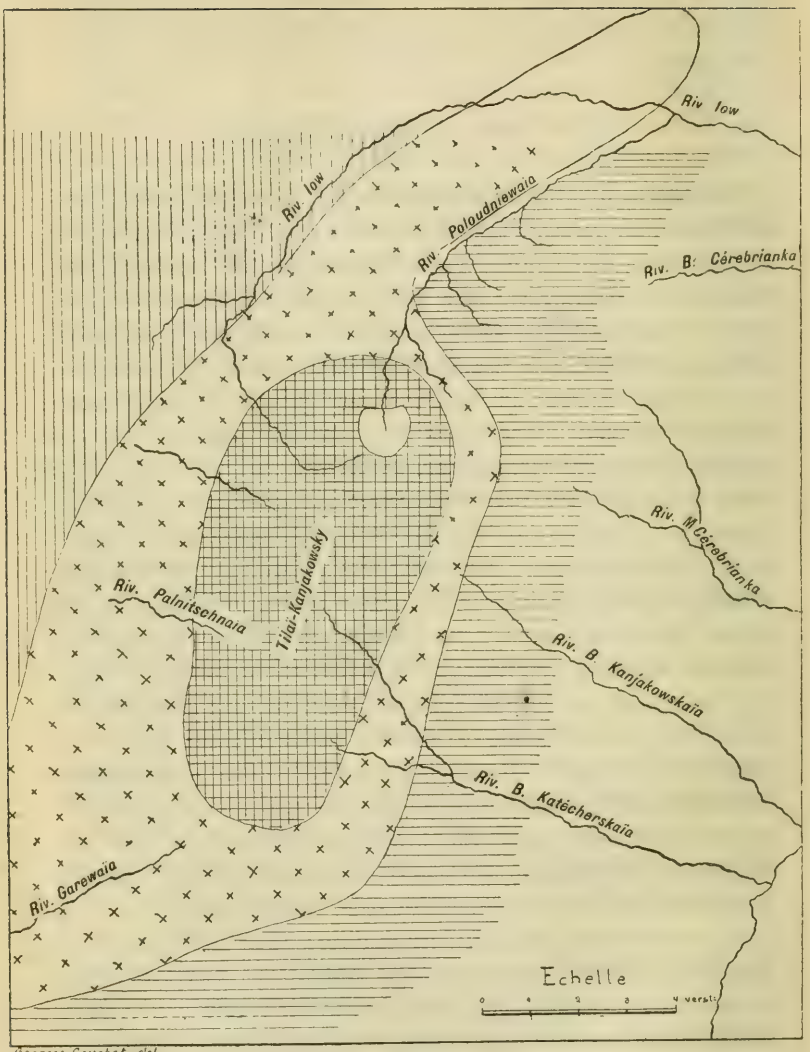
2. *Probablement la petite Koswa.* Cette rivière ne prend actuellement pas sa source dans le gîte dunitique primaire,

mais il est vraisemblable qu'il en était autrement jadis. Elle est platinifère et ne pourrait guère tenir son platine que du centre de Kitlim.

Le gisement du Tilaï-Kanjakowsky

La chaîne du Tilaï-Kanjakowsky fait immédiatement suite au Koswinsky vers le Nord. Elle est en gros formée d'une crête de pyroxénites, flanquée vers l'Ouest par des tilaites et des gabbros à olivine, vers l'Est par des gabbros ouralitisés avec des alternances parfois réitérées de ces différentes roches. Un peu au nord du sommet principal que j'ai appelé Tilaï, la chaîne se bifurque en deux chaînons séparés par la rivière Poloudniéwaïa qui coule dans la vallée comprise entre ceux-ci. Le gisement dunitique se trouve précisément à la naissance de cette vallée et de la rivière en question ; sa forme est presque circulaire, il est en tout cas de très petite dimension. La présence de cette dunite dans la haute chaîne du Tilaï-Kanjakowsky correspond avec la formation d'un col assez plat, qui forme dépression dans cette chaîne, au Nord et au pied du sommet principal de Tilaï (appelé généralement Kanjakowsky). En été ce col est occupé par un petit lac qui alimente les sources de Poloudinéwaïa. Celles-ci cascadent sur des parois presque verticales de dunite qui mesurent plus de 300 mètres de hauteur. Cette dunite est du type normal, elle renferme en grand nombre des ségrégations de chromite, que l'on voit fort bien quand on escalade les parois en question. Par contre elle ne contient pas de filons leucocrates ou mélanocrates.

La dunite est entièrement circonscrite par les pyroxénites qui passent d'ailleurs localement aux tilaïtes et aux gabbros à olivine très basiques. Ces pyroxénites qui forment le Kanjakowsky sont traversées par des filons de pegmatites à hornblende à éléments gigantesques analogues à celles de l'Omoutnaïa et de Kaménouchky. Vers l'Est, ces pyroxénites sont suivies par les superbes gabbros ouralitisés du Cérébriansky, qui représentent donc la deuxième ceinture des roches gabbroïques ; vers l'Ouest, autant qu'il est permis d'en juger par l'état du terrain, les pyroxénites et les tilaïtes entrent en contact avec les schistes



Dunite

Pyroxénites

Tilaïtes et Gabbros à olivine

Gabbros et Gabbros-diorites

Schistes métamorphiques

Fig. 9. — Croquis géologique du gisement du Tilaï-Kanjakowsky par M. L. Duparc.

cristallins quartziteux et les quartzites traversés par des diabases qui forment les monts Ostchy (fig. 9).

Les rivières platinifères qui prennent naissance dans le centre dunitique de Tilaï-Kanjakowsky sont :

1. *La rivière Poloudniéwaïa,* dont les sources ravinent directement la dunite et qui, dans les parties supérieures de la vallée, coule au milieu d'anciennes alluvions formant des berges escarpées.

2. *La rivière Jow,* qui occupe d'abord un ravin situé sur le flanc occidental de la chaîne de Tilaï, et qui s'amorce également sur le col dont il a été question.

3. *La rivière Kanjakowska.* Elle se trouve actuellement en dehors de l'affleurement dunitique, mais il est vraisemblable qu'à une époque antérieure elle s'est également amorcée dans la dunite.

Le gisement de Gladkaïa-Sopka

Il est situé dans la Wagranskaya-Datcha, à plus de 45 kilomètres au Nord et légèrement à l'Est du précédent. Il est aisément accessible depuis le petit village de Baronskœ, qui se trouve sur la rivière Wagran, et qui est relié à Bogoslowsk par un mauvais sentier. Le gisement est à 7 kilomètres environ et à l'Ouest du village. Pour y parvenir on suit le sentier qui longe la Wagran et qui coupe le cours de la petite rivière Travianka; Gladkaïa Sopka se trouve à quelques kilomètres au Nord du confluent de cette rivière.

Le gîte dunitique primaire constitue précisément Gladkaïa-Sopka lui-même. C'est un ouwal boisé de pins qui est orienté sensiblement N. S. et qui s'abaisse graduellement vers le Sud. La longueur totale de l'affleurement dunitique comptée suivant la crête et estimée au juger faute de carte, est d'environ 1,5 à 2 kilomètres; sa largeur est peu considérable, le Gladkaïa-Sopka forme en effet une crête assez acérée et étroite dont les flancs sont relativement assez abrupts.

La dunite de ce gisement est profondément altérée et rubéfiée, mais d'un type absolument normal; elle paraît être fort pauvre en ségrégations de chromite, les variétés schis-

teuses sont fréquentes. La dunite est traversée par des filons de la roche mésocrate que j'ai appelée gladkaïte.

La ceinture des pyroxénites est réduite à fort peu de chose dans ce gisement. En effet, sur tout le flanc Ouest, la dunite entre en contact avec des schistes cristallins qui forment l'ouwal qui sépare Gladkaïa-Sopka de la crête de serpentines située plus à l'Ouest qui s'appelle Criwsky-Tschourok. Nulle part il est vrai, on ne voit dans la forêt le contact immédiat des deux roches, mais nulle part également je n'ai pu observer la présence du moindre affleurement de pyroxénites ; les rares blocs que l'on trouve sous les arbres déracinés par le vent sont des schistes. Au Nord, et sur le flanc oriental, la dunite entre en contact avec des gabbros-diorites superbes, analogues à ceux du Cérébriansky et formant la crête appelée Ostraïa-Sopka qui vient à l'Est de Gladkaïa : le contact immédiat des deux roches n'est également pas visible; dans la vallée qui sépare Gladkaïa-Sopka d'Ostraïa je n'ai nulle part vu de pyroxénites et les alluvions anciennes de la source orientale de Travianka qui occupe cette vallée n'en renferment aucun fragment. Par contre lorsqu'on suit la crête de Gladkaïa du Nord au Sud, à l'endroit où celle-ci s'abaisse brusquement, la dunite cesse et fait place à des pyroxénites et principalement à des tilaïtes qui se poursuivent jusqu'à l'extrémité septentrionale de l'ouwal.

La ceinture des roches pyroxénitiques est donc très étroite et circonscrit seulement la pointe sud du gisement dunitique ; quant à la deuxième ceinture formée par les gabbros-diorites, elle n'est développée qu'à l'Est et au Nord de celui-ci ; vers l'Ouest la dunite entre directement en contact avec les schistes cristallins (fig. 10).

J'ajoute que le gisement de Gladkaïa-Sopka occupe également une position tout-à-fait excentrique par rapport aux grands massifs de roches basiques qui constituent les chaînes du Kumba, du Zolotoï-Kamen, des Bruskowaïa, etc., situées plus au Nord.

Les rivières platinifères qui prennent naissance dans le centre primaire de Gladkaïa-Sopka sont :

I. La *source orientale de Travianka*, qui coule dans la vallée située entre Gladkaïa et Ostraïa-Sopka.

II. La *source occidentale de Travianka* qui coule dans la vallée

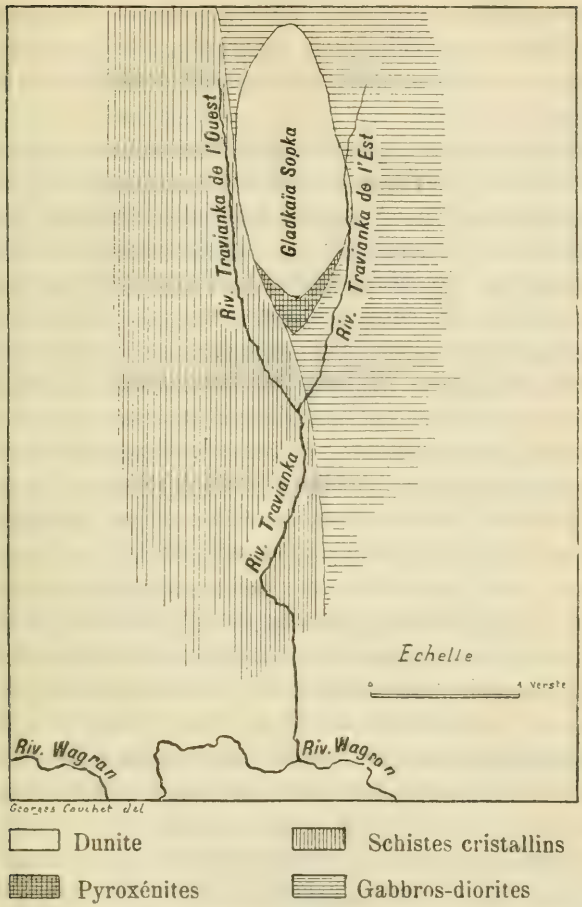


Fig. 10. — Croquis géologique du gîte platinifère de Gladkaïa-Sopka.

située entre Gladkaïa et l'ouwal qui sépare celui-ci de Criwsky-Tschourok. Ces deux sources se réunissent un peu au-delà de l'extrémité Sud d'Ostraïa et forment la petite rivière Travianka qui coule sur des marécages.

Le gisement du Daneskin-Kamen

C'est le seul de tous les gisements platinifères de l'Oural que je n'ai pas étudié sur place, la description en a été donnée par M. Lewinson Lessing dans son bel ouvrage sur la Saosserskaya-

Datcha et le Daneskin-Kamen[1]; je me bornerai donc à résumer ici les observations faites par mon savant collègue et à les comparer avec celles que j'ai exposées dans les pages qui précèdent.

La haute montagne du Daneskin-Kamen qui, à bien des égards ressemble au Koswinsky, se trouve sur la rive gauche de la rivière Soswa. Elle est formée en grande partie par des gabbros, flanqués à l'Ouest par des schistes cristallins, et à l'Est par des roches que M. Lewinson-Lessing appelle des syénites dioritiques. Les gabbros présentent une grande variété de types, les uns leucocrates, les autres mélanocrates, les facies rubannées sont fréquentes. D'après les descriptions qu'en donne l'auteur, une partie des gabbros mélanocrates du Daneskin correspond à mes tilaïtes; on trouve aussi parmi ces gabbros des norites analogues à celles du Cérébriansky. La dunite forme plusieurs boutonnières au milieu de ces gabbros. Elle constitue d'abord une traînée assez large dans la partie centrale du massif, puis elle affleure sur une grande partie de la crête qui fait ligne de partage entre les rivières Solwa et Soupréya. De là la traînée dunitique longe le sommet principal et le circonscrit en partie vers l'Est et vers l'Ouest. La bande de l'Est affleure sur la crête de celui-ci et réapparaît dans celle qui fait ligne de partage entre les rivières Sharp et Bistraya; la bande de l'Ouest se voit aux sources de la Talaïa et de la Soupréya, ainsi que sur la région inférieure du cours de cette dernière. En outre la dunite forme une arête importante qui va de la ligne de partage située entre la Talaïa et la Soupréya, vers l'Ouest, et qui possède quelques ramifications.

La dunite du Daneskin-Kamen est identique à celle de tous les autres gisements platinifères primaires. Dans la crête de Solwa-Soupréya, elle est traversée par des filons de norite à hypersthène et de gabbros-pegmatites à éléments gigantesques; dans le lit de la Soupréya, par des microdiorites qui paraissent correspondre à mes issites, avec ou sans plagioclases. La dunite renferme aussi des ségrégations de chromite. Les pyroxénites se rencontrent également au Daneskin et sous les deux formes

[1] F. Lewinson-Lessing, v. *Geologisches Skizze der besitzung Jushno-Saossersk*, Dorpat 1900.

de koswite et de pyroxénite franche, on y trouve même certaines variétés qui, à côté du pyroxène, renferment de notables quantités de hornblende et passent aux Hornblendites. Les relations exactes de celles ci avec la dunite ne me sont pas claires. M. Lewinson-Lessing dit qu'elles forment des intercalations dans les gabbros, puis aussi des massifs plus importants, comme le Pichtowy-ouwal par exemple, d'autre part il indique que la dunite passe insensiblement aux pyroxénites par des variétés de péridotites à diallage qui deviennent de plus en plus riches en cet élément. Cela laisserait supposer que la dunite du Daneskin possède également une ceinture complète ou incomplète de ces pyroxénites. La grande analogie des roches décrites par M. Lewinson-Lessing avec celles du Koswinsky et du Tilaï, me fait penser que les gîtes primaires dunitiques du Daneskin doivent rentrer dans le type général précédemment décrit (fig. 11).

Les rivières platinifères qui proviennent des gisements primaires du Daneskin sont :

I. *La grande Soluwa*, qui coule de l'Est vers l'Ouest.

II. *La petite Soluwa*, voisine de la première, et qui s'y jette.

III. *La rivière Tulaïa*, qui se trouve au sud des deux précédentes.

IV. *La rivière Soupréja*, qui coule du Nord au Sud-Sud-Ouest.

Ces différentes rivières se jettent dans la Soswa.

En dehors des gisements qui ont été décrits et examinés ci-dessus, j'ai rencontré la dunite en plusieurs autres points de l'Oural, soit à l'état de roche massive, soit à l'état de roche filonienne, traversant alors d'autres roches basiques; j'en dirai quelques mots.

A une soixantaine de kilomètres au nord du Daneskin-Kamen, entre le cours des rivières Wijaï et Toschemka et à dix kilomètres environ à l'Est de la ligne de partage, il existe une longue et assez haute crête boisée dirigée N.-S. dont le sommet principal dénudé est formé par des rochers rougeâtres. Cette crête, dans la partie située entre le cours de la rivière Toschemka et de la rivière Tokta affluent de Wijaï, s'appelle Krébet-Salatim; elle se prolonge au sud de la rive droite de

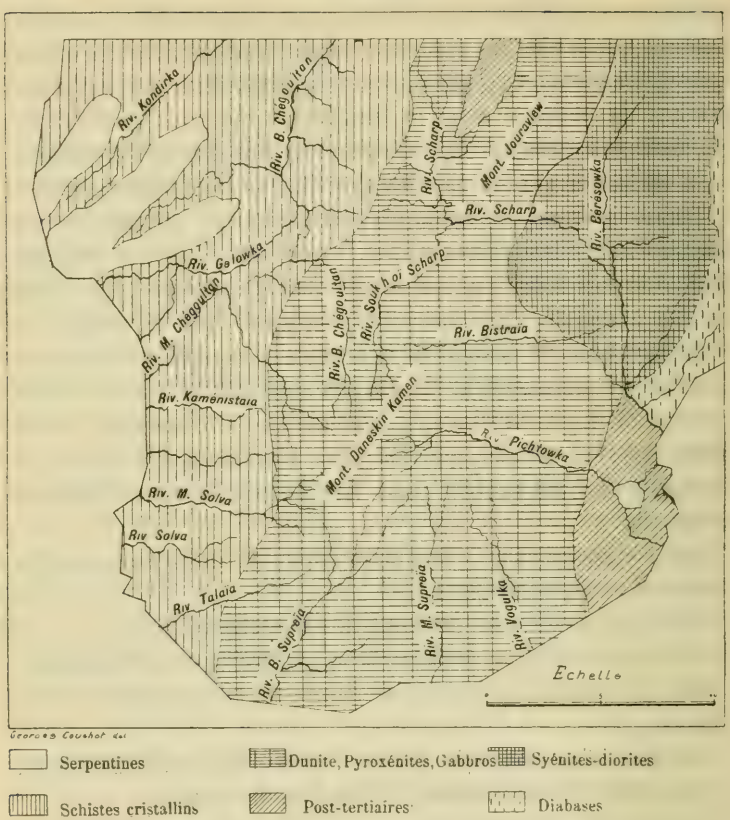


Fig. 11. — Carte des gisements platinifère du Daneskin-Kamen d'après M. Lewinson-Lessing.

Tokta jusqu'à Wijaï, mais dans cette partie elle est moins élevée.

Le Krebet-Salatim est, du Nord au Sud, formé tout entier par des roches d'aspect dunitique toujours recouvertes par une croûte rougeâtre, et partout très profondément altérées et complètement serpentinisées. En plusieurs points cependant, et notamment au sommet principal du Krébet-Salatim ainsi que sur l'Ouwal qui domine la rive gauche de Wijaï, on peut encore au microscope distinguer le contour de chaque grain d'olivine. Ces roches qui sont des Hartzburgites et aussi des dunites ne renferment pas d'octaèdres de chromite et nulle part je n'ai vu des ségrégations de ce minéral, par contre on y trouve des spinelles bruns.

Au sud de Wijaï, cette longue bande dunitique se poursuit jusqu'à la rivière M. Antschug; partout la dunite est entièrement serpentinisée, mais tout près de la rivière Kolkolonia affluent de B. Antschug, on trouve également des variétés dont l'olivine est en partie respectée. Cette longue et étroite bande de dunite mesure du Nord au Sud plus de vingt kilomètres; elle se présente d'ailleurs dans des conditions tout à fait différentes de celles réalisées dans les gîtes platinifères primaires. Vers l'Ouest, en effet, ces dunites serpentinisées sur toute l'étendue de la bande, font suite à de véritables serpentines bien différentes comme aspect de la dunite altérée, beaucoup plus dures, qui s'érodent tout différemment, et qui ont une autre patine. Ces roches empâtent fréquemment des blocs plus ou moins volumineux de roches grenatifères, restes vraisemblables de calcaires entièrement métamorphosés. Plus à l'Ouest, ces serpentines font place à des schistes.

Vers l'Est, la dunite entre directement en contact avec des roches à épidote variées, qui sont en général assez acides, et qu'on trouve sur toute la longueur de la bande. Nulle part, dans le voisinage des roches dunitiques, on ne peut observer la présence des pyroxénites ou des gabbros et les deux ceintures concentriques habituelles font ici complètement défaut. Or il paraît que les rivières Ouap-Soss et Por-Soss, qui coulent en sens inverse sur le flanc oriental du Krebet-Salatim, et qui reçoivent des affluents latéraux qui en proviennent, ne renferment pas de platine, et que, par conséquent, cette dunite qui se présente dans des conditions que je qualifie d'anormales, est probablement stérile.

J'ai rencontré également des dunites en filons cette fois dans les roches basiques, en plusieurs points de la chaîne de Tilaï-Kanjakowsky, notamment vers le flanc occidental, aux sources de la rivière Garéwaïa, et. sur le flanc oriental, aux sources de la rivière B. Katecherskaya. Aux sources de Garéwaïa, les filons dunitiques sont très nombreux et criblent littéralement la roche. La rivière Garéwaïa ne paraît cependant pas contenir de platine dans ses alluvions. J'ai trouvé également de la dunite en filons dans la grande chaîne de Tschistop, beaucoup plus au Nord, et aux sources de la rivière Tociémia.

(A suivre)

LE CARACTÈRE DE L'EXHALAISON VOLCANIQUE

D'APRÈS M. ALBERT BRUN

PAR

CH. SARASIN

Les lecteurs des *Archives* ont eu, à plusieurs reprises depuis quelques années, l'occasion de lire d'intéressants articles dus à la plume de M. Albert Brun et consacrés à l'activité volcanique dans ses effets superficiels, plus particulièrement à l'exhalaison volcanique.

Après avoir visité les volcans rapprochés de l'Italie, M. Brun a étendu ses investigations à des régions de plus en plus lointaines, explorant successivement les Canaries, puis Java et finalement les îles Sandwich. Entraîné par son désir de résoudre les problèmes qu'il s'était posés, il a multiplié partout les observations, bravant non seulement les fatigues et les difficultés, mais souvent même de sérieux dangers. Entre deux voyages, il s'est astreint à un travail assidu de laboratoire, soumettant les matériaux rapportés à de multiples expériences analytiques et contrôlant constamment ses résultats par d'habiles synthèses. Par ce labeur ininterrompu de dix années, il est arrivé à constituer un document unique en son genre, qu'il vient de présenter au public sous la forme d'un beau volume in-4° de 277 pages et de 34 planches.[1] L'apparition de ce livre constitue incontestablement un événement dans l'histoire des sciences pétrographiques et volcanologiques, et l'exposé succinct du travail de M. Brun me paraît devoir trouver sa place toute

[1] Albert Brun. *Recherches sur l'exhalaison volcanique,* 277 p. in-4°, 34 pl. 1911. Libr. Kündig, Genève, A. Hermann, Paris.

naturelle dans la revue scientifique que son auteur a choisie lui-même comme son organe habituel.

Après une brève introduction, M. Brun entre d'emblée dans le vif du sujet et prend comme base de tout son exposé la définition suivante : un volcan représente « un point de la surface du globe, dont la température peut atteindre, d'une façon rythmique ou permanente, un très grand excès sur la température des points immédiatement voisins » ; il représente une fonction algébrique à trois variables : température, magma et climat.

D'après ces notions fondamentales, l'auteur a tout naturellement divisé son exposé en quatre parties concernant : la première le rôle de la température, la seconde le rôle du magma volcanique, la troisième la genèse des gaz volcaniques, la quatrième le rôle véritable de l'eau.

Pour arriver à un examen rationnel de la question des températures volcaniques, M. Brun a commencé par étudier les points de fusion de différents minéraux et de différents verres, les uns naturels, les autres synthétiques. Il a constaté ainsi que, tandis que les minéraux cristallisés ont un point de fusion parfaitement net, les verres se ramolissent par réchauffement d'une façon si progressive qu'on ne peut déterminer aucun point précis de fusion. Il a reconnu, d'autre part, que pour la plupart des verres naturels il existe à côté du point de fusion une autre température, dont la détermination exacte présente le plus grand intérêt, c'est celle à laquelle les laves commencent à émettre des produits gazeux, celle à laquelle se produisent dans la nature les explosions volcaniques et que nous désignerons avec l'auteur sous le nom de point explosif.

Les résultats des nombreuses expériences effectuées sur le point de fusion des minéraux et des verres sont collationnés en tableaux qui ne peuvent être reproduits ici ; qu'il nous suffise de mettre en lumière certains faits qui s'en dégagent. 1° pour les minéraux il est nécessaire de distinguer le point de fusion véritable et le point de destruction du réseau du cristal, qui est souvent notablement inférieur ; 2° pour les laves, l'examen doit porter non seulement sur le point de fusion proprement dit, mais aussi sur le point du premier ramollissement et sur le point explosif ; il démontre alors que la température de la fusion est

toujours voisine de celle du début de l'explosion ; 3° la température des laves à l'émission peut être déduite indirectement d'expériences de laboratoire, puisqu'elle devra être comprise entre le point de fusion des minéraux cristallisés dans cette lave et celui du verre qui en forme la base ; 4° cette température, en général un peu supérieure au point explosif, devait être comprise dans la majorité des cas entre 1000° et 1200°.

Ce chapitre emprunte un intérêt considérable à la multiplicité des expériences faites qui, quoique les laves examinées fussent extrêmement diverses au point de vue soit de leur âge, soit de leur situation géographique, soit de leur texture ou de leur composition, ont donné des résultats en somme remarquablement concordants, et ont montré toujours une exhalaison violente de produits gazeux concordant avec la fusion du verre.

Comme nous l'avons vu plus haut, le second chapitre du livre de M. Brun est consacré spécialement à l'étude des magmas au point de vue de leur exhalaison. L'auteur établit une distinction fondamentale entre ce qu'il appelle les magmas actifs, soit les roches qui, soumises à une élévation de température suffisante, donnent lieu à une exhalaison violente, et les magmas morts qui ne sont plus susceptibles d'une semblable réaction. A la première catégorie appartiennent toutes les roches volcaniques proprement dites ; à la seconde appartiennent les granites et autres roches semblables.

Les expériences multipliées sur des magmas actifs de type varié ont toujours montré de la façon la plus claire que les dégagements de gaz qui se produisent à partir de ces magmas dès le point explosif comportent des pressions suffisantes pour expliquer non seulement l'ascension des laves dans les cheminées, mais aussi tous les phénomènes explosifs du volcanisme. Pourtant, M. Brun a reconnu que les différentes parties d'un même magma peuvent présenter dans des conditions toutes semblables des dégagements gazeux d'intensité très variable, comme si les générateurs des produits gazeux n'avaient subi dans les laves qu'un brassage incomplet.

Le phénomène de l'exhalaison étant reconnu comme général pour les magmas actifs, il restait à rechercher la nature chimique de cette exhalaison. C'est ce que M. Brun a fait avec

succès, soit en recueillant dans son laboratoire les gaz qui s'échappaient des échantillons de lave refondus artificiellement, soit en étudiant l'exhalaison naturelle sur les volcans actifs. Les 56 échantillons de lave qui ont été ainsi examinés proviennent des régions les plus diverses du globe, soit d'Europe et des régions méditérranéennes, de l'Atlantique, de l'Amérique, du Pacifique y compris le Japon et les Indes néerlandaises, d'Arménie, d'Abyssinie et de l'Antarctique. Les résultats de ces multiples analyses sont donnés tout au long dans le volume de M. Brun ; il ne peut pas être question d'en faire autant ici. Cela est du reste d'autant moins nécessaire que ces résultats offrent entre eux beaucoup de points communs, qui permettent des conclusions générales. Ils montrent clairement d'abord que les gaz dégagés par les laves restent semblables à eux-mêmes, quels que soient le magma, la situation géographique du foyer volcanique et l'époque de l'éruption. Partout l'exhalaison comprend d'abord du chlore à l'état libre ou combiné en HCl ou en chlorures divers (NH_4 Cl, Na Cl, KCl $FeCl_2$ etc....), ensuite du carbone à l'état d'hydrocarbures de CO_2 ou de CO, en troisième lieu du soufre à l'état d'hydrogène sulfuré, d'anhydride sulfureux ou d'acide sulfurique. Fréquemment les chlorures sont accompagnés d'une certaine quantité de fluorures. Jamais l'exhalaison obtenue artificiellement au laboratoire n'a compris de la vapeur d'eau ; il y a donc à ce point de vue un contraste absolu entre les magmas actifs et les magmas morts, souvent hydratés et qui par conséquent dégagent de la vapeur d'eau, mais qui perdent celle-ci déjà à une température très inférieure au point explosif.

Sur le terrain, M. Brun a porté ses investigations d'une part sur les cendres et les lapillis qui, mis en contact avec les dégagements gazeux, en avaient retenu une partie par condensation, soit directement sur le panache blanc sortant du cratère, soit sur les fumerolles s'échappant du foyer chaud. Toutes ces recherches l'ont toujours amené à constater les mêmes produits qu'il avait extraits des laves au laboratoire ; jamais il n'a trouvé des dégagements aqueux mêlés à l'exhalaison volcanique et, dans les cendres qui avaient été mêlées à cette exhalaison, il n'a pu observer ni condensation d'eau, ni aucun phénomène

d'oxydation ou d'hydratation impliquant la présence de l'eau.

A propos de ces gaz volcaniques, M. Brun montre la nécessité, pour éviter toute erreur d'interprétation, d'établir une distinction absolue entre l'exhalaison magmatique et ce qu'il appelle l'exhalaison secondaire. Celle-ci se continue à des températures bien inférieures au point explosif, sur les surfaces de lapillis, par exemple ; elle se produit en particulier sous l'influence de l'oxygène et de l'humidité atmosphériques et comprend le départ des produits hydrogénés et la combustion du carbone qui s'effectuent en même temps que le magma s'oxyde progressivement.

On observe, en effet, fréquemment que les laves contiennent encore après leur consolidation une quantité importante de carbone non oxydé qui, mis en contact avec l'air à une température de 500°-600°, est lentement brûlé. Cette forme de l'exhalaison secondaire est difficilement conciliable avec la notion d'une eau magmatique.

La troisième partie du livre de M. Brun est consacrée à la question de la genèse des gaz volcaniques. L'auteur, éliminant successivement différentes hypothèses qui pourraient paraître possibles à première vue, explique la production de ces gaz par des réactions réciproques entre des générateurs non volatils, faisant partie intégrante du magma. Par une série d'expériences il prouve d'abord que le chlore volcanique ne peut être dérivé que d'un composé insoluble dans l'eau, soluble dans les laves fondues, stable jusqu'à une température de 1100°, et que ce composé ne peut être qu'un siliciochlorure ; il montre du reste qu'un mélange artificiel de siliciochlorure de calcium avec un silicate de fer polybasique, chauffé à 1100°, donne des dégagements de chlorures. Quant à l'azote, qui entre dans la composition des vapeurs très abondantes d'ammoniaque et de chlorhydrate d'ammoniaque, les expériences de M. Brun permettent de le dériver avec une certitude absolue d'azotures inclus dans le magma, plus particulièrement de l'azoture de silicium. L'hydrogène, qui entre dans la composition de différents gaz volcaniques, dérive d'hydrocarbures, dont la présence a été constatée dans tous les magmas actifs, si bien que M. Brun est tenté d'envisager le pétrole comme « une roche de la cosmogénie primitive ».

L'auteur ayant constaté expérimentalement la présence dans les roches éruptives des hydrocarbures et des azotures, ayant démontré indirectement l'existence dans ces roches de siliciochlorures, a tenu à confirmer ses observations par des expériences synthétiques, qui ont pleinement réussi. En faisant réagir à chaud les uns sur les autres des hydrocarbures, des azotures et des siliciochlorures, il y a obtenu exactement les mêmes dégagements gazeux qui s'échappent des laves refondues.

Quant au soufre, M. Brun suppose qu'il s'échappe en nature des magmas incandescents et qu'il donne lieu à diverses réactions lorsqu'il est mis en contact à une température élevée avec l'air et l'eau.

La dernière partie du livre de M. Brun est particulièrement intéressante; c'est ici, en effet, que l'auteur étudie de près les dégagements aqueux qui sortent de la surface des cônes volcaniques et qu'il cherche à préciser les relations existant entre ces dégagements et l'activité essentielle des volcans. Cette recherche l'a, du reste, amené à reprendre dans son ensemble la question du phénomène fumerollien, tel qu'il se présente dans les différentes conditions de température du volcan et de régime climatique. Il vaut la peine de résumer ici les observations faites.

Au Vésuve, que M. Brun a visité à plusieurs reprises, il a constaté d'abord des fumerolles de chlorures absolument sèches, ensuite il a pu s'assurer que les condensations qui se forment entre les parois du cratère comprennent des chlorures, un enduit huileux d'hydrocarbures, jamais d'eau, et que les cendres projetées par le volcan ne retombent humides que si elles ont effectué un parcours prolongé dans l'atmosphère: enfin, ayant constaté dans le cratère la persistance de différents chlorures qui sont instables en présence de vapeur d'eau, il se croit autorisé à conclure à l'absence de celle-ci. Quant aux chutes de pluie qui, au Vésuve comme ailleurs, ont accompagné certaines éruptions, elles peuvent facilement s'expliquer par la simple condensation de l'humidité atmosphérique provoquée par de brusques abaissements de température locaux: elles ne sont en aucune façon un argument péremptoire en faveur de la notion d'une eau volcanique abondante.

Au Stromboli et à l'Etna, les fumerolles que M. Brun a rencontrées étaient sèches. Aux îles Canaries, la solfatare du Pico de Teyde n'émet que l'eau qu'elle reçoit par les chutes de pluie, et les gaz qu'elle dégage ne sont jamais saturés en eau; le Timanfaya n'émet pas d'eau dans ses parties encore chaudes; au Chinyero et au Chahorra, l'exhalaison est sèche.

A Java, les volcans visités par M. Brun se trouvent actuellement dans des phases différentes et varient par conséquent quant à leurs manifestations. Le Semeroe, qui est en phase paroxysmale, possède une exhalaison cratérienne qui est parfaitement sèche et se produit par explosions, puis, à une certaine distance du cratère, suivant une zone à température déjà relativement basse, il émet des fumerolles aqueuses non explosives, alimentées évidemment par les chutes de pluie. Au Brama, volcan en voie de refroidissement, les explosions ont une intensité très réduite, les émanations aqueuses existent, mais sont juste suffisantes pour humecter les cendres du voisinage, elles n'arrivent pas à modifier sensiblement le degré hygrométrique de l'atmosphère. Au Merapi, l'exhalaison cratérienne est sèche, les fumerolles aqueuses n'apparaissent qu'à une certaine distance du cratère. Au Papandajan, vaste solfatare qui reçoit une quantité de pluie considérable et dont le cratère est profondément raviné par les eaux, la répartition des fumerolles aqueuses offre une remarquable régularité : depuis une zone périphérique de sources chaudes on passe dans des zones plus internes, dans lesquelles la température des fumerolles s'élève progressivement de 80° à 120°, en même temps que leur pression augmente, puis, plus près du cratère, on voit la température de la vapeur d'eau s'élever encore jusqu'à environ 270°, mais sa pression et sa quantité, au lieu de s'accroître, diminuent rapidement. Au Tjividey, au Patoeha et au Tang-Koeban-Prahoe, trois solfatares froides, M. Brun a reconnu des réactions caractéristiques qui se produisent à la rencontre des eaux froides superficielles et des gaz chauds volcaniques. Enfin, les matériaux rapportés par l'auteur du Krakatau montrent clairement que d'une part les cendres et les ponces de la grande éruption de 1883 n'ont subi lors de leur émission aucune oxydation, que d'autre part les laves de ce volcan émettent à la chauffe une

quantité considérable de chlore libre, que par conséquent l'explosion qui détruisit l'ancien volcan n'a pas pu être déterminée par de la vapeur d'eau.

Pour clore ses explorations, M. Brun a entrepris le voyage des îles Sandwich et a fait une étude systématique du Kilauea. Ce volcan se trouve en pleine phase paroxysmale et présente cette particularité que son cratère est rempli par un lac de lave mu par un fort courant continu. Le magma volcanique y correspond à un type basaltique riche en chaux et contenant une quantité exceptionnelle de titane. L'émanation gazeuse qui s'échappe du cratère est particulièrement considérable et partout elle se montre absolument anhydre; constituée essentiellement de CO_2 de HCl et de chlorures plus ou moins hygroscopiques, elle exerce même une action déshydratante sur l'atmosphère; nulle part les cendres ou les lapillis qu'elle touche ne montrent la moindre trace d'oxydation. Ici de nouveau les fumerolles aqueuses apparaissent seulement à une certaine distance du cratère; elles colorent les cendres et les laves à leur contact en rouge ocre par oxydation; elles varient beaucoup d'intensité, présentant des maxima très prononcés après la pluie, puis diminuant progressivement; elles ne comportent aucun phénomène explosif comparable à l'exhalaison volcanique proprement dite.

En toute justice, il faut reconnaître que M. Brun a réuni sur le sujet de l'exhalaison volcanique un ensemble d'observations absolument hors de comparaison avec ce qui avait été fait avant lui. Il était donc autorisé plus que tout autre à définir le caractère des lois générales qui régissent cette exhalaison. Les faits qu'il avait constatés dans les régions et les circonstances les plus diverses lui permettaient d'abord d'affirmer d'une façon certaine que, contrairement à l'opinion profondément ancrée dans les milieux scientifiques, l'exhalaison volcanique proprement dite est anhydre, que ses composants essentiels, toujours et partout les mêmes, sont: Cl_2. HCl, SO_2, CO_2, CH_4, H_2, N_2. puis différents chlorures et fluorures, enfin que son action sur les corps qu'elle rencontre, loin d'être oxydante, est réductrice et déshydratante.

Ce principe fondamental établi, M. Brun a pu démontrer que le phénomène fumerollien aqueux n'est qu'un épiphénomène du

volcanisme, qui dépend de la quantité d'eau de pluie reçue et absorbée par le volcan, qui varie par conséquent avec le climat d'une part, avec la forme et la phase du volcan d'autre part. Ces fumerolles aqueuses atteignent un maximum dans les zones de température de 110° à 120°, elles diminuent d'intensité à mesure que la température monte, et disparaissent complètement lorsque celle-ci dépasse 270°. Ceci prouve clairement que l'eau des fumerolles a pénétré de l'extérieur dans le corps du volcan, a pu arriver au maximum jusqu'à des surfaces isogéothermiques de 300° et est rendue à l'atmosphère par une évaporation tantôt calme, tantôt plus ou moins violente.

Si maintenant on se représente le cas d'un volcan en voie de refroidissement, dont les surfaces isogéothermiques vont s'enfonçant toujours plus, il est clair que les eaux errantes imprègneront toujours plus profondément les régions poreuses du cône volcanique et pourront ainsi capter une portion toujours plus forte de l'exhalaison volcanique, ne laissant plus arriver à la surface que les éléments les moins solubles de celle-ci. D'autre part le magma, se refroidissant, émettra une quantité toujours moindre de produits gazeux, sans, du reste, que l'émission cesse complètement, car M. Brun a prouvé expérimentalement que celle-ci peut se prolonger, sous une forme il est vrai très affaiblie, jusqu'à des températures de 500°, en même temps que le magma émetteur subit une cristallisation partielle.

Pendant le dernier stade du refroidissement, M. Brun fait intervenir l'eau et l'oxygène d'origine superficielle, qui, absorbés par les magmas refroidis, permettent la cristallisation de certains minéraux hydratés, entre autres des micas. Il arrive ainsi à une explication plausible de l'eau qui a été constatée par différents opérateurs dans certaines roches mortes, en particulier dans les granites. Cette eau n'a en aucune façon une essence volcanique et elle sort des roches réchauffées artificiellement dans de toutes autres conditions et avec un tout autre cortège de produits gazeux que cela n'est le cas pour les exhalaisons émises par les magmas actifs.

J'arrive avec ces considérations au bout de ce bref résumé, dans lequel j'ai dû me contenter de citer surtout les conclusions auxquelles est arrivé M. Brun, sans pouvoir m'étendre sur les

innombrables expériences et observations de toutes sortes qui ont amené à ces conclusions. Je ne puis qu'encourager vivement les lecteurs s'intéressant à la volcanologie à recourir au livre même de M. Brun, convaincu que toute personne dépourvue d'idées préconçues verra dans cet exposé si sobre et si modeste la démonstration de notions absolument nouvelles non seulement sur l'exhalaison volcanique, mais sur le volcanisme en général et sur la genèse des roches endogènes, et rejettera l'idée, admise presqu'au rang d'axiome, d'une eau volcanique jouant un rôle prépondérant dans les phénomènes éruptifs et exerçant une action déterminante sur la forme de consolidation des roches.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1910

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

(Suite[1])

IV. — Humidité de l'air

La valeur de la *fraction de saturation* est, depuis 1901, appréciée en *pour cent*, et non plus en *millièmes*. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour la valeur moyenne annuelle à Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève*, la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite des indications des deux thermomètres du psychromètre; pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur de Richard.

Le *tableau XVI* fournit, pour les huit observations trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année; puis les valeurs de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Afin de rendre l'évaluation de ces *cas de saturation* comparable avec celle de l'ancien système des observations

[1] Voir *Archives*, mars 1911, p. 231.

XVI. Fraction de saturation en pour cent. GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu	Fréquence relat. de la saturation
Décembre 1909...	81	81	82	80	74	78	80	81	79	25	100 15 fois	0.060
Janvier 1910	83	84	87	84	76	77	81	80	82	32	100 12 »	0.048
Février	80	84	80	73	62	68	71	77	74	25	99	0.000
Mars.	81	84	85	71	60	57	67	76	73	28	100 3 fois	0.012
Avril	81	83	78	62	52	53	62	72	68	20	98	0.000
Mai.....	79	84	78	64	52	52	61	72	68	13	98	0.000
Juin	85	87	78	63	52	59	65	79	71	20	100 1 fois	0.004
Juillet	83	84	81	67	58	56	65	80	72	24	100 2 »	0.008
Août	87	88	86	70	60	57	70	84	75	15	100 2 »	0.008
Septembre.....	89	89	89	74	65	68	78	85	80	30	100 5 »	0.021
Octobre.....	92	93	93	82	71	72	85	89	85	44	100 9 »	0.036
Novembre.....	82	85	84	76	68	72	81	83	79	35	100 1 »	0.004
Décembre.....	89	90	91	89	79	81	86	89	87	50	100 24 »	0.097
Hiver.	81	83	83	79	71	74	77	80	78	25	100 27 fois	0.038
Printemps.....	80	84	80	66	55	54	63	73	69	13	100 3 »	0.004
Eté.....	85	86	82	67	57	57	67	81	73	15	100 6 »	0.007
Automne.	88	89	89	77	68	71	81	86	81	30	100 15 »	0.021
Année météorol..	84	85	83	72	62	64	72	80	75.4	13	100 50 fois	0.017
» civile.....	84	86	84	73	62	64	72	81	76.0	13	100 59 »	0.020

XVII. Écarts de l'humidité. GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	Fraction de saturation		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1910	Moyennes 1849-1875	Écarts pour 1910
Décembre 1909.....	86	- 7	0.147	- 0.087
Janvier 1910.....	86	- 4	0.145	- 0.097
Février.	82	- 8	0.096	- 0.096
Mars..	75	- 2	0.039	- 0.027
Avril.....	70	- 2	0.016	- 0.016
Mai	70	- 2	0.016	- 0.016
Juin	70	+ 1	0.010	- 0.006
Juillet.	68	+ 4	0.006	+ 0.002
Août....	71	+ 4	0.009	- 0 001
Septembre.....	77	+ 3	0.025	- 0.004
Octobre	83	+ 2	0.083	- 0.047
Novembre	83	- 4	0.067	- 0.063
Décembre.	86	+ 1	0.147	- 0.050
Hiver	85	- 7	0.130	- 0.092
Printemps	72	- 3	0.024	- 0.020
Eté	69	+ 4	0.008	- 0.001
Automne	81	0	0.058	- 0.037
Année météorolog. .	76.8	- 1.4	0.055	- 0.038
» civile.....	76.8	- 0.8	0.055	- 0.035

bihoraires, usité jusqu'en 1883, on a aussi calculé, comme précédemment, la *fréquence relative de la saturation.*

Le *tableau XVII* donne les *écarts* de la fraction de saturation et de la fréquence de la saturation avec les valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de Plantamour.

De même que les trois années précédentes, 1910 a une fraction de saturation moyenne inférieure à la valeur déduite par Plantamour de la période 1849-1875. Et pourtant, l'année a été très pluvieuse. Ce qui explique cette anomalie apparente, c'est que l'hiver a été chaud et a, de ce fait, donné un fort déficit d'humidité relative, puis en automne il y a eu, comme en hiver, peu de brouillards ; et le mois de novembre, exceptionnellement pluvieux cependant, donne un déficit en fraction de saturation.

Il n'y a pas eu de cas de sécheresse anormale de l'air, et la saturation complète continue à être inférieure à ce qu'elle était pour la moyenne de 1849 à 1875.

XVIII. Fraction de saturation en pour cent.

GRAND SAINT-BERNARD, 1910.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu		Fréq. relat. de la satur.
Déc. 1909....	85	85	90	86	20	100	28 fois	0.301
Janvier 1910..	75	72	74	74	10	100	18 »	0.194
Février.	80	81	84	82	28	100	10 »	0.119
Mars.....	78	74	83	78	12	100	22 »	0.237
Avril.....	88	83	91	87	21	100	23 »	0.256
Mai	91	77	91	86	35	100	21 »	0.216
Juin.....	83	69	91	81	22	100	13 »	0 144
Juillet.....	85	73	88	82	15	100	15 »	0 161
Août.....	79	69	83	77	26	100	8 »	0.086
Septembre ...	93	83	94	90	40	100	33 »	0 367
Octobre.	88	86	93	89	44	100	27 »	0.290
Novembre....	86	83	87	85	18	100	25 »	0.278
Décembre....	87	88	89	88	31	100	38 »	0.409
Hiver.....	80	79	83	81	10	100	56 fois	0.207
Printemps....	86	78	88	84	12	100	66 »	0.239
Eté.....	82	70	87	80	15	100	36 »	0.130
Automne	89	84	91	88	18	100	85 »	0.311
Année météor.	84	78	87	83	10	100	242 fois	0.222
» civile..	84	78	87	83	10	100	253 »	0.231

Le *tableau XVIII* fournit le résultat des observations faites au *Grand Saint-Bernard* avec l'hygromètre à cheveu d'Usteri-Reinacher. Ici encore il y a peu de cas de grande sécheresse de l'air; le minimum, 10 %, a été noté en janvier. La fréquence de la saturation continue à être élevée, mais elle l'est un peu moins qu'en 1909; elle l'est surtout en hiver et en automne.

L'humidité moyenne est, cette année, très supérieure au Grand Saint-Bernard, à ce qu'elle est à Genève. A la montagne, la variation annuelle est à peine marquée, l'hiver ayant été humide. Le minimum est en janvier et le maximum en septembre, 74 et 90 %.

A Genève, la variation annuelle est aussi un peu moins marquée que d'ordinaire. Le minimum est en avril et mai, 68 %, au lieu de juillet. Le maximum est en octobre, au lieu de décembre et janvier, 85 au lieu de 86 %. Pour l'année civile, le maximum est en décembre 1910, et il est de 87 %.

V. Vents.

Genève. — L'observation du vent se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres de 0 à 6 de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe de Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observations. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX* donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports, puis la proportion des calmes.

Le tableau XX indique enfin les résultats du deuxième système d'observation du vent, au moyen de l'anémographe de Richard. Il fournit, pour les différents mois de l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure*, sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On y constate que le mois le plus calme a été celui d'août, et que les mois les plus venteux ont été ceux de décembre 1909, janvier et mars 1910. Au reste, l'année a été plutôt agitée, surtout en hiver.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, *25 kilomètres à l'heure*, on en trouve neuf dans l'année, tous jours de *bise*. En voici le tableau :

1910	Km. p. h.	Direction
10 février	33.4	NNE
20 mars	30.1	»
24 »	29.8	»
31 »	42.4	»
1 mai	25.6	»
10 septembre	25.1	»
22 »	26.3	»
23 »	34.5	»
6 octobre	47.0	»
28 décembre	39.3	»

XIX. Vents observés. GENÈVE, 1910.

	Décemb. 1909	Janvier 1910	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année météor.	Année civile
Calme .	21	27	30	29	19	23	12	22	32	36	55	37	45	343	367
N	7	9	15	19	29	20	27	31	28	31	26	3	10	245	248
NNE ..	38	46	57	163	58	58	41	6	4	121	46	3	54	641	657
NE....	17	25	3	8	2	6	0	0	2	5	3	1	5	72	60
ENE...	4	3	2	1	0	1	1	0	1	1	2	0	5	16	17
E.....	6	10	0	0	3	3	1	1	0	0	2	0	5	26	25
ESE...	8	0	0	0	0	1	4	3	1	2	0	1	6	20	18
SE	0	0	0	0	0	0	3	3	2	1	2	0	4	11	15
SSE ...	0	0	0	0	0	9	3	3	0	2	0	0	0	17	17
S.....	1	0	0	2	2	2	1	4	2	2	3	3	0	22	21
SSW ..	59	58	43	11	32	35	48	64	40	5	16	95	26	506	473
SW ...	22	16	21	10	23	14	22	15	23	6	3	21	18	196	192
WSW .	10	7	14	8	7	6	12	10	8	6	4	12	9	104	103
W.....	7	5	8	3	8	7	4	6	11	3	6	12	8	80	81
WNW .	6	4	0	1	7	7	2	6	7	6	10	9	4	65	63
NW ...	2	1	10	10	6	14	9	8	13	4	12	4	10	93	101
NNW..	6	3	9	4	5	16	5	10	12	8	20	6	7	104	105

XX. Vents. GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	VENTS			Calme s. 1000	Vitesse moyenne du vent km. par heure
	NNE.	SSW.	Rapport		
Décembre 1909.	62	82	0.75	113	9.86
Janvier 1910...	80	74	1.08	145	9.94
Février.....	75	64	1.17	179	8.17
Mars.....	190	23	8.26	156	9.90
Avril	89	57	1.56	106	6.61
Mai.....	84	51	1.65	123	6.67
Juin	68	71	0.96	67	6.45
Juillet	37	83	0.45	118	5.14
Août.....	34	65	0.52	172	4.26
Septembre.....	157	13	12.08	200	8.34
Octobre	75	22	3.41	296	5.64
Novembre	7	119	0.06	206	7.57
Décembre	69	44	1.57	242	6.07
Année météor..	958	724	1.32	157	—
Année civile ...	965	686	1.41	168	—

Le *tableau XXI* contient le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Le nombre des jours de forte bise est, cette année encore, inférieur à la moyenne, qui est de 42; quant aux jours de fort vent du midi, il y en a plus que l'année précédente, mais toujours très sensiblement moins que la moyenne (44).

XXI. GENÈVE, 1910.

Période	Nombre de jours de forte bise	Nombre de jours de fort vent du midi
Décembre 1909..	1	3
Janvier 1910....	1	3
Février.....	3	3
Mars.....	10	0
Avril	3	1
Mai.....	2	1
Juin.....	3	0
Juillet.....	0	1
Août.....	0	0
Septembre.....	6	0
Octobre	3	0
Novembre.....	0	7
Décembre.....	3	2
Année météorol.	32	19
Année civile	34	18

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme ne s'observe que rarement. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leur rapport et les calmes.

VI. Pluie et neige

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève*, les données relatives à l'eau tombée et, pour le *Grand Saint-Bernard*, celles relatives à la fois à la *pluie* et à la *neige*.

Il convient donc de compléter ces données, en ce qui con-

XXII. Vents. SAINT-BERNARD, 1910.

PÉRIODE	VENTS			Calme sur 1000
	NE.	SW.	Rapport	
Décembre 1909...	86	75	1.15	11
Janvier 1910.....	125	41	3.05	0
Février.....	94	88	1.07	0
Mars	82	97	0.85	0
Avril	78	91	0.86	11
Mai	63	61	1.03	21
Juin	53	58	0.91	0
Juillet	72	50	1.44	21
Août.....	84	56	1.50	0
Septembre.....	113	65	1.74	44
Octobre	66	130	0.51	21
Novembre	125	79	1.58	11
Décembre	86	113	0.76	0
Année météorol..	1041	891	1.17	12
Année civile	1041	929	1.12	11

XXIII. Pluie et neige. 1910.

PÉRIODE	GENÈVE			SAINT-BERNARD		
	Nombre de jours	Eau tombée	Nombre d'heures	Nombre de jours	Eau tombée	Hauteur de la neige
		mm				
Décembre 1909...	21	155.2	141	24	233.9	291
Janvier 1910.....	17	146.8	134	13	204.2	233
Février	17	57.3	76	15	134.9	134
Mars.....	7	58.5	61	10	85.7	78
Avril	16	41.4	48	21	132.9	106
Mai.....	15	23.6	54	18	114.5	63
Juin..... .	15	169.6	75	14	107.7	16
Juillet	22	127.9	80	15	101.0	19
Août.....	14	125.0	65	10	94.0	2
Septembre.....	11	45.5	42	12	120.9	3
Octobre	13	57.7	48	14	185.2	63
Novembre	24	187.9	124	27	342.7	391
Décembre	20	102.5	75	16	223.8	227
Hiver	55	359.3	351	52	573.0	658
Printemps..... .	38	123.5	163	49	333.1	247
Eté.....	51	422 5	220	39	302.7	37
Automne.	48	291.1	214	53	648.8	457
Année météorol..	192	1196.4	948	193	1857.6	1399
Année civile.....	191	1143.7	882	185	1847.5	1335

cerne Genève, en indiquant ci-après les hauteurs de *neige* mesurées en 1910 à l'observatoire :

NEIGE A GENÈVE EN 1910

cm.					
4	en décembre	1909	en	2	jours
28	en janvier	1910	en	5	»
11	en février	»	en	4	»
.....	.....	.....	.....	.....	.....
23	en novembre	»	en	5	»
1	en décembre	»	en	1	»
66	dans l'année	météor.	en	16	jours
63	» »	civile	en	15	»

Il y a eu moins de neige dans l'hiver 1909-1910 que dans l'hiver précédent, mais pas beaucoup moins. Et pourtant il y a eu une grande différence en ce qui concerne la température, le dernier hiver ayant été très doux et le précédent froid. La principale différence a donc moins consisté en des chutes de neige moins abondantes que dans le fait qu'en 1909-1910 la neige n'a jamais persisté. C'est seulement en novembre, au début de l'hiver 1910-1911, que la neige a un peu tenu sur le sol dans la seconde moitié du mois.

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1910 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

Après deux années de pluviosité moyenne, l'année 1910 fournit un total de pluie tout à fait exceptionnel, soit à Genève, soit au Grand Saint-Bernard.

A *Genève*, pour l'*année météorologique*, il faut remonter à 1799 pour trouver un total de pluie supérieur; tandis que pour l'*année civile* il y a eu au cours du XIXme siècle trois exemples d'années encore plus humides. On le verra par le petit tableau suivant :

	PLUIE	
An	Année météor. mm.	Année civile mm.
1799	1254	1213
1801	1057	1186
1841	1021	1258
1896	1167	1192
1910	1196	1144

XXIV. Ecarts avec les moyennes de précipitations. 1910.

PÉRIODE	GENÈVE		GRAND ST-BERNARD	
	Jours de pluie	Eau tombée	Jours de pluie	Eau tombée
		mm		mm
Décembre 1909...	+ 12	+ 104.2	+ 16	+ 160.8
Janvier 1910.....	+ 7	+ 98.0	+ 2	+ 75.1
Février	+ 9	+ 20.8	+ 6	+ 41.3
Mars.....	− 3	+ 11.3	− 1	− 11.2
Avril	+ 5	− 15.4	+ 10	+ 12.8
Mai.....	+ 3	− 55.6	+ 7	− 5.6
Juin	+ 4	+ 93.7	+ 4	+ 6.3
Juillet	+ 13	+ 57.1	+ 6	+ 25.9
Août.....	+ 4	+ 44.6	+ 1	+ 8.2
Septembre.....	+ 1	− 48.8	+ 3	+ 4.9
Octobre.....	+ 1	− 43.3	+ 4	+ 42.9
Novembre.....	+ 13	+ 113.9	+ 17	+ 244.2
Décembre	+ 11	+ 51.5	+ 8	+ 150.7
Hiver	+ 28	+ 223.0	+ 24	+ 277.2
Printemps.....	+ 5	− 59.7	+ 16	− 4.0
Eté.....	+ 21	+ 195.4	+ 11	+ 40.4
Automne.....	+ 15	+ 21.8	+ 24	+ 292.0
Année météorol..	+ 69	+ 380.5	+ 75	+ 605.6
Année civile.....	+ 68	+ 327.8	+ 67	+ 595.5

Au *Grand Saint-Bernard*, c'est aussi un maximum, au moins depuis le milieu du siècle dernier. Les années les plus humides, parmi les trente dernières années, étaient :

1882 avec 1824 mm. 1905 avec 1749 mm.
1885 » 1792 mm. 1907 » 1692 mm.

On trouve, en revanche, des totaux supérieurs, dépassant même 2 mètres, en 1831 et en 1818.

Ce qui a aussi rendu l'année 1910 exceptionnelle au point de vue de la pluie, c'est le grand nombre de *jours de pluie*. Il est également un maximum aux deux stations.

Quant à sa *répartition annuelle*, ce qui la caractérise, c'est l'humidité de l'*hiver*, puis celle de l'automne. — *A Genève, on n'avait jamais eu un hiver aussi pluvieux.* Le total de 359^{mm} dépasse de + 223^{mm} la moyenne de 1826 à 1875, et de + 50^{mm} l'hiver le plus pluvieux à Genève au siècle passé, celui de 1802 avec 309^{mm}.

Tandis qu'en 1896, année de très pluvieuse mémoire, l'hiver avait été sec et que les saisons humides avaient été l'été, avec 428^{mm}, et l'automne, avec 478^{mm} ; en 1910 ce sont l'hiver et l'été

qui donnent les excédents maxima, l'hiver surtout. Au Saint-Bernard ce sont l'hiver et l'automne. Aux deux stations, le printemps seul est un peu au-dessous de la normale, à Genève surtout. En 1896, l'hiver et le printemps avaient été plutôt secs.

Le mois le plus humide, absolument et relativement, a été novembre aux deux stations; le plus sec au double point de vue absolu et relatif, a été mai à Genève et mars au Saint-Bernard.

Les deux mois de décembre ont tous deux été très humides, celui de 1909 encore plus que celui de 1910; et c'est ce qui produit la différence, signalée plus haut, entre l'année météorologique et l'année civile.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, développée, pour *Genève,* dans les deux tableaux suivants:

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie, et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs où la pluie a été recueillie. La plus longue période de sécheresse est en mars-avril, pendant la seule saison un peu sèche; les longues périodes pluvieuses sont fréquentes; la plus longue est en novembre, ainsi qu'en décembre 1910.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de la pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à $^1/_4$ de millimètre. Enfin, ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois; quant au nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres, il est de quatre cette année, 1 en décembre, 2 en janvier et 1 en juin.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher.

Date 1910		mm.	minutes	mm. par min.
Juin	4	2	4	0.5
»	9	6	12	0.5
»	10	2	6	0.3
»	25	5	5	1.0
»	26	26	37	0.7
»	30	4	5	0.8
Juillet	2	7	12	0.6
»	7	2	4	0.5
»	18	9	7	1.3
Août	26	14	14	1.0
Novembre	1	4	6	0.7

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. — GENÈVE, 1910.

Période	Périodes de sécheresse	Périodes pluvieuses	Pluie dans les 24 heures au-dessous de 1mm	Pluie dans les 24 heures au-dessous de 0mm.25	Pluie dans 24 heures Maximum	Pluie dans 24 heures Chute dépassant 30 mm.
					mm.	
Décembre 1909..	8 jours (9-16)	9 jours (30 novembre-8)	4 jours	1 jour	32.3 le 1	1
Janvier 1910....	9 » (2-10)	7 » (23-29)	5 »	2 »	46.2 le 19	2
Février	2 » (10-11, 13-14, 16-17)	5 » (25-1 mars)	7 »	3 »	10.3 le 6	—
Mars	14 » (20-2 avril)	3 » (11-13)	1 »	0 »	13.7 le 12	—
Avril	3 » (11-13, 17-19)	5 » (28-2 mai)	8 »	6 »	14.7 le 16	—
Mai.....	3 » (12-14, 18-20, 27-29)	4 » (23-26)	6 »	2 »	8.6 le 7	—
Juin	6 » (15-20)	4 » (1-4)	4 »	2 »	42.6 le 25	1
Juillet	2 » (9-10, 24-25, 27-28)	10 » (29 juin-8)	7 »	4 »	19.9 le 2	—
Août	10 » (12-21)	5 » (2-6)	3 »	2 »	27.9 le 26	—
Septembre	8 » (21-28)	4 » (12-15)	5 »	0 »	25.3 le 20	—
Octobre	5 » (4-8, 14-18)	3 » (11-13)	3 »	1 »	11.3 les 12 et 20	—
Novembre	2 » (21-22)	13 » (28 octobre-9)	4 »	2 »	28.9 le 5	—
Décembre	5 » (19-23)	13 » (6-18)	8 »	4 »	30.0 le 17	1
Année météorol.	14 jours (20 mars-2 avril)	13 jours (28 oct.-9 novembre)	57 jours	25 jours	46.2 le 19 janv.	4
Année civile....	Id.	13 » (28 oct.-9 novembre 6-18 déc. 1910)	61 »	28 »	id.	4

XXVI. GENÈVE 1910.

PÉRIODE	Durée relative de la pluie	Nombre moyen d'heures par jour	Eau tombée dans 1 heure
		h	mm
Décembre 1909.....	0.190	6.71	1.10
Janvier 1910.....	0.180	7.88	1.09
Février.....	0.113	4.47	0.75
Mars.....	0.082	8.71	0.96
Avril	0.067	3.00	0.85
Mai.....	0.073	3.60	0.44
Juin	0.104	5.00	2.26
Juillet.....	0.108	3.63	1.60
Août.....	0.087	4.64	1.91
Septembre.....	0.058	3.82	1.08
Octobre	0.065	3.69	1.20
Novembre	0.172	5.17	1.52
Décembre.....	0.101	3.75	1.37
Hiver.....	0.163	6.38	1.02
Printemps.....	0.074	4.29	0.76
Eté	0.100	4.31	1.92
Automne.....	0.098	4.46	1.36
Année météorolog...	0.108	4.94	1.26
Année civile.....	0.101	4.62	1.30

L'été de 1910, de même que le commencement de l'été de 1909, a fourni un assez grand nombre d'averses importantes.

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie*, ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie* par jour de pluie, obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure*, obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période ; ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne des chutes d'eau.

Le *tableau XXVII* contient le relevé général des observations faites dans les douze stations pluviométriques du canton

XXVII. Stations pluviométriques du canton de GENÈVE, 1910.

Station :	*Céligny*	*Collex*	*Chambésy*	*Châtelaine*	*Satigny*	*Athenaz*	Compesières	*Veyrier*	*Genève*	*Cologny*	*Puplinge*	*Jussy*	*Hermance*
Altitude :	424 m.	440 m.	433 m.	425 m.	465 m.	428 m.	478 m.	423 m.	406 m.	452 m.	445 m.	470 m.	380 m.
Observat. :	M. Esquillon	G. André	L. Perrot	Ch. Platel	Ch. Lambercy	A. Stœssel	J. Babel	B. Babel	Observatoire	E. Dupont	A. Dunant	J. Micheli	Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1909..	193.5	190.1	173.8	162.2	203.2	178.0	130.5	153.9	155.2	154.1	134.4	150.8	157.2
Janv. 1910.	225.3	192.6	162.7	138.2	236.5	195.2	116.8	135.5	146.8	132.4	128.8	130.6	136.1
Février....	73.9	80.8	60.2	57.6	79.3	66.4	49.9	54.4	57.3	55.4	52.8	50.4	70.9
Mars.....	58.0	68.5	61.9	60.8	65.8	65.5	59.8	61.4	58.5	58.9	50.8	55.5	55.1
Avril.....	42.6	45.3	41.5	36.1	56.3	42.6	32.7	38.0	41.4	39.1	38.7	39.0	36.6
Mai.....	42.2	26.8	34.9	17.6	26.5	29.7	19.3	23.3	23.6	27.2	39.6	59.0	35.3
Juin.....	143.2	176.4	143.4	146.7	186.0	168.7	151.8	158.4	169.6	178.4	152.5	168.6	170.4
Juillet....	146.0	144.4	126.6	125.5	138.9	133.6	101.2	102.1	127.9	121.3	97.1	127.8	116.3
Août.....	106.8	120.8	123.6	122.3	116.3	133.1	131.8	145.2	125.0	116.3	115.8	130.6	126.9
Septembre.	31.9	37.8	39.5	39.7	35.9	38.5	43.2	44.6	45.5	46.1	62.6	68.4	39.0
Octobre ...	50.7	62.2	55.8	60.9	62.4	66.2	48.7	49.5	57.7	50.1	41.1	47.6	45.9
Novembre .	250.2	235.5	209.6	202.3	256.5	236.6	175.9	186.6	187.9	182.5	163.8	172.0	202.5
Décembre .	137.3	128.9	116.0	108.4	117.4	120.1	108.1	117.3	102.5	95.6	98.2	111.3	111.8
Hiver.....	492.7	463.5	396.7	358.0	519.0	439.6	297.2	343.8	359.3	341.9	316.0	331.8	364.2
Printemps.	142.8	140.6	138.3	114.5	148.6	137.8	111.8	122.7	123.5	125.2	129.1	153.5	127.0
Eté.....	396.0	441 6	393.6	394.5	441.2	435.4	387.8	405.7	422.5	416.0	365.4	427.0	413.6
Automne ..	332.8	335.5	304.9	302.9	354.8	341.3	267.8	280.7	291.1	278.7	267.5	288.0	287.4
An. météor.	1364.3	1381.2	1233.5	1169.9	1463.6	1354.1	1064.6	1152.9	1196.4	1161.8	1078.0	1200.3	1192.2
An. civile..	1308.1	1320.0	1175.7	1116.1	1377.8	1296.2	1042.2	1116.3	1143.7	1103.3	1041.8	1160.8	1146.8

XXVIII. Stations pluviométriques du val d'Entremont, 1910.

Station Altitude Période	Martigny 474m		Orsières 900m		Bourg-St-Pierre 1630m		Gr. St-Bernard 2476m	
	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Déc. 1909.	139.5	13	124.5	20	85.9	107	233 9	291
Janv. 1910	228.0	61	144.1	43	121.1	104	204.2	233
Février ..	60 3	34	51.2	25	80.9	93	134.9	134
Mars	4.5	—	9.2	-	16.0	20	85.7	78
Avril	24.0	—	17.3	—	60 8	29	132.9	106
Mai	39.8	—	42.3	—	26.2	11	114.5	63
Juin.....	97.6	—	84.3	—	87.5	—	107.7	16
Juillet....	97.2	—	71.1	—	107.6	—	101.0	19
Août. ...	56.8	—	46.1	—	82.0	—	94.0	2
Septembre	52.2	—	50.2	—	74 4	—	120.9	3
Octobre ...	34.5	—	48.1	—	97.7	32	185.2	63
Novembre.	230 0	55	147.6	42	134.3	82	342.7	391
Décembre.	69.6	6	26.6	6	35.7	38	223.8	227
Hiver. ...	427 8	108	319.8	88	287.9	304	573.0	658
Printemps	68 3	—	68 8	—	103.0	60	333.1	247
Eté.	251.6	—	201.5	—	277.1	—	302 7	37
Automne..	316.7	55	245.9	42	306.4	114	648.8	457
An. mét..	1064.4	163	836.0	130	974.4	478	1857.6	1399
Année civ.	994.5	156	738.1	116	924 2	409	1847.5	1335

de Genève et à l'observatoire. Je profite de cette circonstance pour adresser mes sincères remerciements aux douze observateurs qui continuent à nous fournir régulièrement les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire. Si l'on examine d'un peu près les chiffres de ce tableau, on constate que, durant l'hiver très exceptionnellement humide de 1909-1910, les totaux deviennent très vite plus élevés à mesure que l'on se rapproche du Jura: voir les chiffres pour Céligny, Collex et surtout Satigny. En été, les sommes sont sensiblement égales à celles du reste du Canton. C'est l'hiver qui amène les gros totaux annuels pour Céligny, Collex, Satigny et Athenaz.

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations pluviométriques qui existent le long du val d'Entremont. Ici le total n'est très élevé que pour le Saint-Bernard. A Martigny, l'année a été pluvieuse, grâce surtout à l'hiver; le total y est supérieur à ceux de 1905 et de 1907. Aux deux stations d'Orsiè-

res et de Bourg-Saint-Pierre, stations de vallées encaissées, le total n'a rien de bien extraordinaire. Il est supérieur au total de l'année 1907, mais inférieur à celui de 1905. Ces deux années-là avaient été très humides au Saint-Bernard, mais moins que 1910, comme il a été dit plus haut.

XXIX. Orages. — GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.	Grêle
Décembre 1909	—	—	—
Janvier 1910	—	—	—
Février	1	—	—
Mars	—	—	—
Avril	1	—	—
Mai	4	4	—
Juin	10	4	3 les 2, 4 et 9
Juillet	7	—	—
Août	6	1	—
Septembre	—	—	—
Octobre	—	—	—
Novembre	—	—	—
Décembre	—	—	—
Année météorolog..	29	9	3
Année civile	29	9	3

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève, ainsi que le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre des orages est un peu supérieur au nombre moyen déduit par Plantamour de la moyenne des années de 1846 à 1875 (25). De même qu'en 1909, on constate que, chez nous, ce ne sont pas les étés chauds qui sont les étés à orages fréquents, mais les étés humides et instables. Le nombre absolu des orages a, d'ailleurs, été très supérieur à 29, car fréquemment il y a eu des séries d'orages le même jour.

Les trois averses de *grêle* constatées en 1910 ont été heureusement peu importantes et n'ont pas fait de dégâts. Les plus gros grêlons de l'orage du 4 juin n'atteignaient pas 1 cm. de diamètre à l'observatoire.

(A suivre)

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 2 février 1911

L. Duparc. Les gîtes platinifères de l'Oural. — G. Baume. Sur quelques essais métallographiques.

M. le professeur L. Duparc expose devant la société les résultats des études qu'il poursuit depuis douze années sur les *gîtes platinifères de l'Oural.* Les recherches sont achevées actuellement et le travail dans son ensemble fera l'objet d'un volume qui paraîtra vraisemblablement pour la fin de l'année, et dont M. Duparc donne à la société le résumé [1].

M. Georges Baume. — *Sur quelques essais métallographiques.*

Parmi tous les essais métallurgiques, les plus simples, les plus généraux également, sont certainement les essais mécaniques, car l'emploi des métaux est dû au moins autant à leurs propriétés mécaniques qu'aux propriétés chimiques qu'ils peuvent posséder.

Après avoir rappelé la forme des essais mécaniques actuellement employés et les résultats qu'ils permettent d'obtenir, l'auteur mentionne les expériences de C. E. Guye et de Boudouard qui permettront sans doute d'arriver prochainement à une nouvelle série d'essais mécaniques, l'*essai aux efforts alternatifs*, dont l'importance sera considérable en raison de la forme du travail que doivent fournir un grand nombre de pièces métalliques.

L'auteur indique ensuite les raisons qui ont conduit les industriels à accueillir favorablement l'essai de dureté par la bille de Brinell, dès son apparition, et il décrit le petit *marteau* à bille, fort simple, qu'il a étudié et mis au point en collaboration avec M. H. E. Watson [2] pour des essais analogues, qui permettent,

[1] Voir *Archives,* 1911, t. XXXI, p.

[2] Cf. ce recueil, 4e Période, t. XXX p. 408, 1910.

comme l'essai de Brinell, de se rendre compte de la charge de rupture et de l'homogénité d'un métal déterminé.

La notion d'homogénité d'un produit métallique peut être également acquise grâce à l'emploi du microscope ; l'auteur rappelle à cette occasion la technique micrographique courante, très simple, dont il a fait usage pour la préparation, l'attaque et l'examen de ses échantillons ; il donne ensuite quelques exemples *personnels* d'applications de la micrographie à l'homogénité de différents produits métallurgiques (laitons, etc.) dont l'étude se trouve considérablement simplifiée par l'emploi de l'analyse thermique et des diagrammes de fusibilité de systèmes métalliques. Ces derniers permettent en effet de connaître, par le simple examen microscopique d'un échantillon donné, sa composition chimique, la nature de son traitement thermique (s'il est susceptible de prendre la trempe), et la forme des traitements mécaniques qu'on a pu lui faire subir.

Il semblerait donc que l'essai microscopique dût, dans un grand nombre de cas, remplacer tout autre essai métallurgique ; il faut toutefois compter avec la propriété que possèdent beaucoup de métaux de retenir en solution, même à l'état solide, d'autres éléments qui, sans changer l'aspect microchimique de l'échantillon, en modifient les propriétés mécaniques et rendent par suite l'essai mécanique indispensable. Il est d'ailleurs facile, par le moyen très simple employé par l'auteur en collaboration avec M. M. Dubois, dans un certain nombre d'essais métallographiques[1], de mettre en évidence les actions réciproques, physiques ou chimiques, que peuvent exercer deux métaux l'un sur l'autre : il suffit, en effet, de fondre par ordre de densité les deux corps que l'on se propose d'étudier ; on obtient ainsi une zone de passage comprenant la gamme complète des termes qui conduisent de l'un à l'autre élément du système considéré (dans les conditions de l'expérience), et que le microscope permet d'étudier ensuite d'une manière très satisfaisante.

Séance du 16 février

L. de la Rive. Sur les équations fondamentales de l'électrodynamique. — A. Schidlof. Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement.

M. L. de la Rive fait une communication *sur les équations fondamentales de l'électro-dynamique.*

Il démontre qu'on peut établir une équation analogue à ces équations connues, relative non pas à un courant fermé comme

[1] Cf. ce recueil, 4e Période, t. XXVIII, p. 386, 1909.

Maxwell le fait, mais à l'action d'un élément de courant sur un pôle.

Il faut d'une part admettre la loi de Laplace et de l'autre considérer dans l'élément la masse électrique, dq qui se meut avec une vitesse constante donnée par $v = ds/dt$, tandis que l'intensité du courant est $i = dq/dt$ d'équation à démontrer est :

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{dq}{r^2}\right] = \left[\left[\frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz}\right]\frac{x}{r} + \left[\frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx}\right]\frac{y}{r} + \left[\frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy}\right]\frac{z}{r}\right] ids$$

Elle exprime que la dérivée par rapport à t du flux de force électrique dû à l'élément est égal, pour un élément de surface normal à r, à l'élément correspondant de l'intégrale de surface équivalente à l'intégrale de contour de la force magnétique. La dérivée par rapport à t s'obtient en multipliant par v la dérivée par rapport à ds considéré comme la direction suivant laquelle se meut dq et en prenant pour X, Y, Z, les composantes bien connues de la force F donnée par la loi de Laplace, on trouve que les deux membres ont la même expression multipliée d'un côté par $dq.v$ et de l'autre par ids qui sont des quantités égales.

A. Schidlof. — *Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement.*

I. *La loi de Planck.* — Partant du fait que les équations fondamentales de la théorie électro-magnétique de la lumière peuvent être ramenées à la forme des équations de Hamilton, on est conduit à penser que le théorème de l'équipartition de l'énergie doit s'appliquer à un rayonnement en équilibre thermo-dynamique. M. Jeans[1] a calculé le nombre des paramètres indépendants, en supposant le rayonnement enfermé dans une enceinte cubique à parois réfléchissantes. Pour les ondes dont la fréquence est comprise entre les limites ν et $\nu + d\nu$, il trouve ce nombre égal à :

$$\frac{16\pi\nu^2}{c^3} v d\nu = 2a \qquad (1)$$

v étant le volume de l'enceinte et c la vitesse de la lumière. En désignant par T la température absolue du rayonnement et par k le rapport de la constante des gaz parfaits R au nombre des molécules N, contenues dans 1 gramme-molécule, l'énergie à répartir sur chaque paramètre indépendant est $1/2\ k$T, ou :

$$k = \frac{R}{N} \qquad (2)$$

On obtient alors pour la densité du rayonnement de fréquence ν

$$u_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu\, kT$$

[1] Jeans. *Phil. Mag.* 10, p. 91, 1905.

comme l'essai de Brinell, de se rendre compte de la charge de rupture et de l'homogénité d'un métal déterminé.

La notion d'homogénité d'un produit métallique peut être également acquise grâce à l'emploi du microscope ; l'auteur rappelle à cette occasion la technique micrographique courante, très simple, dont il a fait usage pour la préparation, l'attaque et l'examen de ses échantillons ; il donne ensuite quelques exemples *personnels* d'applications de la micrographie à l'homogénité de différents produits métallurgiques (laitons, etc.) dont l'étude se trouve considérablement simplifiée par l'emploi de l'analyse thermique et des diagrammes de fusibilité de systèmes métalliques. Ces derniers permettent en effet de connaître, par le simple examen microscopique d'un échantillon donné, sa composition chimique, la nature de son traitement thermique (s'il est susceptible de prendre la trempe), et la forme des traitements mécaniques qu'on a pu lui faire subir.

Il semblerait donc que l'essai microscopique dût, dans un grand nombre de cas, remplacer tout autre essai métallurgique ; il faut toutefois compter avec la propriété que possèdent beaucoup de métaux de retenir en solution, même à l'état solide, d'autres éléments qui, sans changer l'aspect microchimique de l'échantillon, en modifient les propriétés mécaniques et rendent par suite l'essai mécanique indispensable. Il est d'ailleurs facile, par le moyen très simple employé par l'auteur en collaboration avec M. M. Dubois, dans un certain nombre d'essais métallographiques [1], de mettre en évidence les actions réciproques, physiques ou chimiques, que peuvent exercer deux métaux l'un sur l'autre : il suffit, en effet, de fondre par ordre de densité les deux corps que l'on se propose d'étudier ; on obtient ainsi une zone de passage comprenant la gamme complète des termes qui conduisent de l'un à l'autre élément du système considéré (dans les conditions de l'expérience), et que le microscope permet d'étudier ensuite d'une manière très satisfaisante.

Séance du 16 février

L. de la Rive. Sur les équations fondamentales de l'électrodynamique. — A. Schidlof. Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement.

M. L. de la Rive fait une communication *sur les équations fondamentales de l'électro-dynamique.*

Il démontre qu'on peut établir une équation analogue à ces équations connues, relative non pas à un courant fermé comme

[1] Cf. ce recueil, 4e Période, t. XXVIII, p. 386, 1909.

Maxwell le fait, mais à l'action d'un élément de courant sur un pôle.

Il faut d'une part admettre la loi de Laplace et de l'autre considérer dans l'élément la masse électrique, dq qui se meut avec une vitesse constante donnée par $v = ds/dt$, tandis que l'intensité du courant est $i = dq/dt$ d'équation à démontrer est :

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{dq}{r^2}\right] = \left[\left[\frac{dZ}{dy} - \frac{dY}{dz}\right]\frac{x}{r} + \left[\frac{dX}{dz} - \frac{dZ}{dx}\right]\frac{y}{r} + \left[\frac{dY}{dx} - \frac{dX}{dy}\right]\frac{z}{r}\right] ids$$

Elle exprime que la dérivée par rapport à t du flux de force électrique dû à l'élément est égal, pour un élément de surface normal à r, à l'élément correspondant de l'intégrale de surface équivalente à l'intégrale de contour de la force magnétique. La dérivée par rapport à t s'obtient en multipliant par v la dérivée par rapport à ds considéré comme la direction suivant laquelle se meut dq et en prenant pour X, Y, Z, les composantes bien connues de la force F donnée par la loi de Laplace, on trouve que les deux membres ont la même expression multipliée d'un côté par $dq.v$ et de l'autre par ids qui sont des quantités égales.

A. Schidlof. — *Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement.*

I. *La loi de Planck.* — Partant du fait que les équations fondamentales de la théorie électro-magnétique de la lumière peuvent être ramenées à la forme des équations de Hamilton, on est conduit à penser que le théorème de l'équipartition de l'énergie doit s'appliquer à un rayonnement en équilibre thermo-dynamique. M. Jeans[1] a calculé le nombre des paramètres indépendants, en supposant le rayonnement enfermé dans une enceinte cubique à parois réfléchissantes. Pour les ondes dont la fréquence est comprise entre les limites ν et $\nu + d\nu$, il trouve ce nombre égal à :

$$\frac{16\pi\nu^2}{c^3} v d\nu = 2a \qquad (1)$$

v étant le volume de l'enceinte et c la vitesse de la lumière. En désignant par T la température absolue du rayonnement et par k le rapport de la constante des gaz parfaits R au nombre des molécules N, contenues dans 1 gramme-molécule, l'énergie à répartir sur chaque paramètre indépendant est $1/2\ k$T, ou :

$$k = \frac{R}{N} \qquad (2)$$

On obtient alors pour la densité du rayonnement de fréquence ν

$$u_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}\, d\nu\, kT$$

[1] Jeans. *Phil. Mag.* 10, p. 91, 1905.

Ce résultat étant en désaccord manifeste avec l'expérience, il faut modifier au moins l'une des hypothèses fondamentales de la théorie.

Abandonnons donc le théorème de l'équipartition de l'énergie, et introduisons à sa place l'hypothèse due à M. Planck[1] que l'énergie rayonnante de fréquence ν est constituée d'éléments de grandeur finie ε. Le nombre de ces éléments soit égal à x.

Pour exclure toute contradiction avec les bases électrodynamiques de la théorie, il faut supposer que l'élément d'énergie se répartit toujours également sur un paramètre électrique et sur un paramètre magnétique. Le nombre des paramètres indépendants se réduit alors à a.

La répartition des éléments d'énergie est caractérisée par la condition du désordre élémentaire. L'état définitif se trouvera réalisé, lorsqu'on aura effectué le plus d'échanges possible des x éléments entre les a paramètres du rayonnement. On arrive ainsi à la conclusion que a_0 paramètres restent à chaque instant dépourvus d'énergie, et on trouve le nombre a_0 déterminé par l'équation :

$$a - a_0 = na_0 \tag{8}$$

n étant le nombre d'éléments, tombant sur un paramètre dans la répartition moyenne, c'est-à-dire :

$$n = \frac{x}{a} \tag{4}$$

La probabilité qu'un paramètre donné porte au moins un élément d'énergie est :

$$\frac{a - a_0}{a} = \frac{x}{a + x} \tag{5}$$

Pour calculer l'entropie du rayonnement, nous faisons usage du principe de Boltzmann sous une forme particulière, signalée par M. Einstein[2] :

$$S - S_0 = k \log P$$

S et S_0 sont les entropies, correspondant à deux états différents d'un même système, P est la probabilité relative de ces deux états, et k la constante universelle, définie par la formule (2).

Envisageons donc la probabilité relative de l'état où tous les éléments ε seraient réunis sur un seul paramètre, vis-à-vis de l'état qui s'établit et se maintient spontanément. La formule (5) permet le calcul de cette probabilité relative qui s'exprime au moyen d'un produit renfermant un très grand nombre de facteurs :

$$P_x = \prod^{x} \left(\frac{x}{a + x}\right) dx$$

[1] Planck. *Verh. deutsche phys. Ges.* 2, p. 237, 1900. *Vorles. über die Theorie der Wärmestrahlung,* §§ 148-152. Leipzig, 1906.

[2] Einstein. *Ann. d. Phys.* 17, p. 132, 1905.

x étant un nombre entier très grand et dx un nombre entier très petit en comparaison avec x. L'application du principe de Boltzmann donne alors :

$$S - S_0 = k \int_x^0 dx \log \frac{x}{a+x} \tag{7}$$

L'énergie E_ν du rayonnement est définie par :

$$E_\nu = \varepsilon x$$

On tire facilement de la formule (7) la relation :

$$dS = \frac{dE_\nu}{T} = \frac{\varepsilon dx}{T} = -k\,dx \log \frac{x}{a+x}$$

La densité du rayonnement u_ν s'obtient par la substitution :

$$\frac{E_\nu}{v} = \frac{\varepsilon x}{v} = u_\nu$$

Pour satisfaire à la loi de Wien [1] il faut remplacer :

$$\varepsilon = h\nu$$

et on arrive à la loi de Planck [2] :

$$u_\nu = \frac{8\pi\nu^3 h d\nu}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \tag{8}$$

En calculant la grandeur moyenne de l'élément d'énergie à la température absolue T, on trouve :

$$\overline{\varepsilon} = 3\,\frac{1.0823}{1.2010}\,kT = 2.71\,kT$$

Cette énergie est presque deux fois plus grande que l'énergie cinétique d'une molécule monoatomique à la même température : $L = 2/3\ kT$.

Si l'énergie cinétique des molécules était constituée d'éléments de même grandeur que les éléments d'énergie de M. Planck, les formules (3) et (4) permettraient d'établir, qu'à chaque instant 6/7 des 3N composantes de vitesse seraient dépourvues d'énergie. Cet exemple montre combien les bases théoriques de la loi de Planck s'éloignent des idées habituelles sur la nature de la chaleur et de la lumière.

[1] W. Wien. *Ber. kgl. Akad. Berlin.* 9, II, p. 55, 1893. Planck. *Vorles.* etc. §§ 71-90.

[2] Planck. *Loc cit.*

Séance du 2 mars

Th. Tommasina. Sur le magnéton de Weiss.

M. Th. Tommasina. — *Sur le magnéton de Weiss.*

La cristallographie est pour la physique ce qu'est l'embryologie pour la biologie. C'est avec des vues, des notions et même un langage de technique cristallographique que Curie avait traité dans une Note, communiquée à la Société Française de Physique en 1894, *de la possibilité de l'existence de la conductibilité magnétique et du magnétisme libre*[1].

« Le parallélisme des phénomènes électriques et magnétiques nous amène naturellement à nous demander, disait-il, si cette analogie est plus complète. Est-il absurde de supposer qu'il existe des corps conducteurs du magnétisme, des courants magnétiques, du magnétisme libre? » et il concluait son raisonnement ainsi : « Un corps chargé de magnétisme libre serait donc nécessairement dissymétrique énantiomorphe, c'est à dire non superposable à son image obtenue par mirage. Deux sphères chargées respectivement de quantités égales de magnétisme austral et boréal seraient symétriques l'une de l'autre. On voit, ajoutait-il, qu'il n'y a rien d'absurde, au point de vue de la symétrie, à supposer que les molécules dissymétriques douées de pouvoir rotatoire soient naturellement chargées de magnétisme libre. » Les recherches expérimentales que Curie fit alors pour établir l'existence d'une conductibilité magnétique donnèrent des résultats négatifs. Mais il fait remarquer que la méthode adoptée, étant fondée sur l'observation d'un effet dynamique, ne permettait pas d'apprécier une très faible conductibilité magnétique.

Après Curie, M. Langevin a publié en 1905 une *théorie cinétique du magnétisme* à laquelle, à l'aide de l'hypothèse du champ moléculaire, M. Weiss put faire embrasser les faits du ferromagnétisme de ses recherches antérieures, ainsi que de celles plus récentes, *sur l'aimantation aux très basses températures*; expériences faites à Leyde dans le laboratoire de M. Kamerlingh Onnes et avec sa collaboration[2]. Il suffit de lire dans ce travail, la description détaillée des expériences et des dispositifs en regardant les figures de la planche X, contenue dans le fascicule de novembre 1910 des *Archives*, pour se faire une idée de la complexité et de la délicatesse de ces recherches ainsi que des nombreuses difficultés même d'ordre pratique que les auteurs ont dû

[1] Pierre Curie. *Œuvres*. Paris Gauthier-Villars 1908, p. 142.

[2] *Archives*, 4me période, t. XXX, octobre et novembre 1910.

vaincre et éliminer, pour arriver aux résultats précieux dont ils ont par là enrichi la science, et dont tous ceux qui s'intéressent avec amour à son progrès doivent leur en être bien reconnaissants. C'est donc en admirateur des travaux du professeur Pierre Weiss, travaux qui l'ont placé au premier rang entre les physiciens contemporains, que je vais lui adresser en cette Note quelques observations théoriques à propos du *magnéton*, cette nouvelle entité physique qu'il vient de découvrir, puisqu'il le définit un *constituant universel de la matière*[1]. Aussi ai-je cherché dans ses travaux l'origine des idées qui l'ont amené à la création du magnéton, ou, plutôt, à la décision qu'il fallait individualiser avec un nom le moment magnétique de l'aimant élémentaire.

Si j'ai bien compris la pensée de M. Weiss, il ne semble pas qu'il veuille par cette individualisation soustraire le magnétisme fondamental ou naturel de certains corps à la théorie électromagnétique qui fait du magnétisme une catégorie de phénomènes dont la nature ultime et la cause est purement et exclusivement électrodynamique. Pourtant, j'ai trouvé dans ses écrits quelques idées, qui ne me laissent pas une certitude complète là-dessus. Ainsi, dans son récent mémoire paru dans les *Archives*, que je viens de citer, M. Weiss parle de forces exercées par la matière pondérable sur les électrons, et du rôle prépondérant que ces forces jouent quand la température tombe à celle de l'air liquide. « On peut leur attribuer, dit-il, en particulier l'importante diminution du nombre des électrons conduisant le courant électrique dans les métaux qui sont en quelque sorte gelés sur les atomes par l'abaissement de la température. » A part cette image des électrons qui conduisent au lieu de constituer le courant, et qui sont gelés, quand le phénomène température doit s'arrêter par définition aux vibrations atomiques et moléculaires, je me demande comment M. Weiss peut avoir une vision physico-mécanique de cet ordre de phénomènes sans se préoccuper de l'action du milieu, actif sans arrêt possible, qui par son travail continu maintient aux atomes leur forme délimitée dans l'espace, car, en empêchant leur désagrégation par les forces centrifuges des activités cinétiques internes constitutives, il fournit à chaque type atomique ses propriétés caractéristiques.

Mais l'auteur continue ainsi : « On aurait pu imaginer que *les mouvements des électrons du magnétisme*, invariables ou à peu près aux autres températures, commençassent, eux aussi, à subir des changements importants au bas de l'échelle thermométrique. Mais puisque rien dans nos résultats n'invite à faire cette hypothèse, on sera tenté plutôt de conclure que *les électrons du magnétisme sont différents de ceux qui produisent les autres phénomènes*. C'est moi qui souligne, car je vois dans ces

conclusions contraires à la théorie électrodynamique du magnétisme, l'embryon de l'idée de laquelle a germé le *magnéton*. Aussi, je passe à l'examen de ses récentes Notes du 9 et 23 janvier et du 13 février, lesquelles contiennent un résumé de faits de la plus haute valeur qui fournissent à l'auteur certes un fort appui pour ses conclusions et font franchir au magnétisme la barrière atomique par des inductions tirées directement de l'expérience ce qui constitue pour la science un progrès réel et important. Je trouve très suggestifs les diagrammes et les chiffres des tableaux qui mettent en évidence cette partie aliquote commune ou constante, qui semble bien ne trouver d'explication plausible que dans une modification magnétique intraatomique. Mais, je me demande si cela autorise la conclusion capitale de M. Weiss : « *Le magnéton est donc un constituant universel de la matière* ». S'il est un constituant primaire ne l'est-il pas des atomes ferromagnétiques, seulement ? Et ce magnéton analogue de l'électron, quoique commode au point de vue des calculs et des applications analytiques, n'est-il pas un progrès à rebours au point de vue de l'explication physique. Pourquoi ne pas voir là, simplement, un jeu constant et spécial d'électrons, c'est à dire de modifications stables mais mobiles des champs électromagnétiques toujours actifs du milieu ?

D'ailleurs M. Weiss déclare appeler magnéton le quotient m : $N=15{,}94\times10^{-22}$, qui est le moment de l'aimant élémentaire lui-même et qui correspond à la partie aliquote des moments des atomes-gramme. Or, si le magnéton n'est qu'un quotient, il n'est pas une entité physique et alors comment peut-il constituer la matière, en être un constituant universel ? Le tableau de la troisième Note donne le nombre différent de magnétons que possède chacun des corps ferromagnétiques, étudiés par l'auteur, chiffres qui correspondent aux saturations moléculaires. Les magnétons seraient-ils des élémentarquantums magnétiques analogues, dans le sens de mon interprétation [1], aux élémentarquantums lumineux de Stark ?

Séance du 16 mars

Ed. Claparède. Introduction à l'étude du phénomène psycho-électrique. — W. Radecki. Le phénomène psycho-électrique au point de vue physique et physiologique.

M. Ed. Claparède rend compte d'une série d'expériences qu'il a commencées au Laboratoire de psychologie, en collaboration avec M. W. Radecki, sur le *phénomène psycho-électrique*.

Depuis une trentaine d'années, divers savants, notamment Vi-

[1] L'élémentarquantum et la théorie électronique de l'éther. *Archives*, juillet 1910, p. 100-103.

gouroux, Féré, Tarchanoff, Sommer, etc. ont remarqué que le corps humain offre aux courants électriques qui le traversent, une perméabilité variant suivant diverses circonstances. Le Dr Veraguth, de Zurich, en 1906, a montré que les processus psychiques, notamment les processus affectifs, produisaient d'assez fortes déviations du galvanomètre dans le courant duquel le sujet était intercalé. Mais jusqu'ici, la cause exacte, psycho-physiologique, de ces déviations, n'a pas été découverte. Tandis que les uns admettent qu'il s'agit de variations dans la résistance du corps humain, d'autres croient que les processus affectifs sont accompagnés du développement de forces électriques dans l'organisme, et que ce sont ces forces naissantes qui font dévier le galvanomètre, mais on ne sait d'ailleurs ni par quel mécanisme la résistance du corps diminue sous l'influence d'une émotion ou d'une excitation affective, ni où prendraient naissance les nouveaux courants invoqués. Cette question de la nature du phénomène galvanique a été poursuivie par M. Radecki, qui exposera lui-même ses recherches.

La première série d'expériences que nous avons entreprise et qui a porté sur 30 sujets (13 h. et 17 f.) avait pour but de nous rendre compte des variations individuelles du phénomène psycho-électrique. Chaque sujet a été soumis, après avoir été placé dans le circuit galvanique alimenté par deux piles Leclanché (même dispositif que celui de Veraguth), à 10 excitations successives, survenant de 10 en 10 secondes : lumière, piqûre, odeur, bruit, calcul mental, etc. Les déviations galvanométriques que ces excitations ont occasionnées ont été enregistrées sur un cylindre. On a pu ainsi constater les différences individuelles qui se sont montrées considérables. Quant aux détails de ces différences, ils ont été étudiés par M. Radecki, qui les présentera lui-même dans une prochaine communication.

Grâce à l'obligeance de M. le prof. Weber, j'ai pu soumettre à l'expérience psycho-électrique, il y a deux ans, quatre idiots complets venant de Bel-Air. Ces individus n'ont pas donné la moindre réaction au galvanomètre, quelle qu'ait été l'intensité des excitations auxquelles ils furent soumis. Et cependant, ils avaient des réflexes musculaires fort exagérés. Il semble que le phénomène galvanique nécessite l'intégrité de l'écorce du cerveau.

W. Radecki. Sur les *phénomènes psycho-électriques*. (Rapport sur la partie physique et physiologique des recherches).

M. W. Radecki présente les résultats de ses recherches sur la nature physique et physiologique des phénomènes psycho-électriques.

Les résultats des expériences l'ont amené à admettre que les facteurs physiques jouant le rôle prépondérant sont les suivants : 1) changements de la conductibilité d'ensemble du corps humain en rapport avec certaines excitations psychiques. 2) changements des potentiels de la peau humaine ; ces changements sont inégaux dans les régions qu'on met en contact avec les électrodes, et sont aussi concomitants aux certaines excitations psychiques. Le premier fait peut être démontré de la manière suivante : On fait traverser le corps humain par le courant d'une pile électrique, en introduisant dans le circuit un galvanomètre. Si on renverse le sens dans lequel passe le courant par le corps humain, en conservant le sens qu'il a dans le galvanomètre, les déviations du galvanomètre qui sont toujours concomitantes aux certaines excitations psychiques ne changent ni de direction ni d'intensité. Nous remarquons en outre le fait qu'aux états d'excitations du sujet correspond toujours une diminution de la résistance de son corps. Le galvanomètre comme ampéremètre se prête mal à l'observation du second facteur cité, qui ne peut être bien observé qu'au moyen d'un voltemètre. Dans mes recherches j'ai employé un électromètre capillaire de Lippman qu'on réunissait directement avec deux électrodes mis en contact avec les deux mains du sujet examiné. On remarque que le niveau du mercure dans l'électromètre se déplace chaque fois qu'on soumet le sujet à une excitation psychique. Ces déplacements nous montrent que pendant l'excitation psychique du sujet ont lieu des changements ou en sens contraire ou de même sens mais inégaux des potentiels de la surface des deux mains. Comme fait important nous devons noter le manque d'ordre et de constance dans la direction et dans la valeur quantitative de ces déplacements.

Entre le moment où a lieu l'excitant et le commencement d'une réaction électrique ou galvanique dans l'organisme humain s'écoule une période latente de 0,5 à 15 secondes (2-3 secondes en moyenne) Ce fait indique que les phénomènes psycho-électriques ne sont pas provoqués par simples réflexes mécaniques, car dans ce cas ils succèderaient l'excitant immédiatement, ou après une fraction de seconde, mais qu'ils sont les résultats des processus organiques compliqués qui ont lieu pendant la période latente.

En analysant la nature physiologique des changements des potentiels sur la surface des deux mains, nous étions amenés à considérer ces changements comme une libération dans la peau humaine des certaines quantités d'électricité, qui accompagne la modification sous l'influence de l'excitation psychique des divers processus chimico-organiques. (phénomènes de sécrétion, d'assimilation, etc.) Le fait que les changements des potentiels sont plus grands aux endroits de la peau, riches en glandes sudoripares

nous amène à la supposition que ce sont les phénomènes de la sécrétion qui surtout influent sur ces changements. La différence des potentiels, qui s'établit entre les régions symétriques du corps, provient du fait que même dans les endroits symétriques les processus organiques manquent d'une symétrie parfaite.

Avant d'énoncer une hypothèse sur la nature physiologique des changements de la conductibilité du corps humain en rapport avec les excitations psychiques, nous allons citer les résultats de quelques expériences où on observait les changements de sa résistance sous influence des processus physiologiques connus. Ces expériences nous montrent 1) l'influence des modifications volontaires de la respiration sur la déviation du galvanomètre, qui augmente pendant une respiration fréquente et profonde, diminue pendant un arrêt volontaire de la respiration ; 2) la diminution de la résistance du corps par suite de quelques minutes de travail musculaire ou gymnastique. Nous savons en outre que quand les glandes expulsent les produits de leur sécrétion, la circulation y est beaucoup plus active. Tous ces faits nous amènent à admettre que les changements de la conductibilité sont dûs aux effets physiques (changement du contact interne, modifications de l'échange gazeux) des modifications, qui ont lieu dans nos processus vasomoteurs et respiratoire sous l'influence des états émotifs qui seuls, comme nous le verrons dans mon second rapport, contenant l'analyse des excitants et des sujets examinés, provoquent les phénomènes électriques et galvaniques dans l'organisme humain.

Séance du 6 avril

W. Radecki. Phénomènes psychoélectriques. — A. Schidlof. Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement. — Ed. Sarasin et Th. Tommasina. Etude de l'action de la chaleur sur l'air ionisé par la radioactivité induite.

W. Radecki. Recherches sur les *phénomènes psycho-électriques* (Rapport sur la partie psychologique des recherches).

En analysant le genre d'excitations psychiques auxquelles correspondent les phénomènes électriques dans l'organisme humain, on remarque qu'ils ont lieu exclusivement en rapport avec nos états émotifs et affectifs. Le fait que les phénomènes psycho-électriques sont provoqués par les excitants sensitifs, perceptifs, travail intellectuel, effort mental, etc., etc., ne contredit pas à notre proposition.

En réalité, nous savons qu'une excitation psychique correspondante à un genre classificatif unique, n'existe pas, chaque excitation étant un processus psychique compliqué possède parmi les autres facteurs psychiques un « tonus » affectif. C'est à ce tonus

affectif et non à la qualité ou à l'intensité quantitative des excitants sensitifs que correspond le phénomène psycho-électrique. Si pendant ces excitants, c'était la qualité de la sensation qui provoquait la réaction, un certain genre qualitatif des excitants devrait toujours provoquer une déviation plus grande qu'un autre genre, ce qui n'est pas le cas. Le sujet qui réagit une fois plus fortement à une lumière qu'à un bruit, peut, une autre fois, présenter pendant le bruit une réaction deux ou trois fois plus grande, qu'en voyant une lumière. Si, en second lieu, c'était l'intensité objective physique de l'excitant qui influait sur la réaction ps. el., un excitant d'une même intensité devrait provoquer toujours une réaction pareille, et l'augmentation ou la diminution de l'intensité physique de l'excitant devrait être en rapport constant avec les grandeurs des réactions (selon la loi de Weber). Ces deux phénomènes n'ont pas lieu. Les séries des répétitions des mêmes excitants nous montrent la variabilité de la réaction pendant ces excitants, les séries où on provoquait les excitants d'une intensité physique strictement mesurée (algésimètre, pendule acoustique, éclairage variable, olfactomètre), montrent l'absence absolue d'un rapport entre l'intensité physique de l'excitant et la grandeur de la déviation. (Eclairage avec une lampe de 10 bougies a provoqué, par exemple, une fois chez le même sujet, une réaction deux fois plus forte que l'éclairage avec 4 lampes de 50 bougies.) Quant aux réactions provoquées par le travail intellectuel, l'analyse des périodes latentes qui précèdent ces réactions et qui ne correspondent jamais aux périodes latentes des autres cas chez le même sujet, nous montre que le travail intellectuel et l'effort mental sont accompagnés par une réaction psycho-électrique seulement quand ils sont réunis avec une excitation émotionnelle (impatience, embarras, etc.). On n'aperçoit point de déviation du galvanomètre pendant le travail intellectuel, dès que l'émotion fait défaut. Par contre, tous les excitants émotifs (émotions provoquées par association, par la lecture des mots dont le sens trouble le sujet, narration des faits qui l'émotionnent) sont toujours accompagnés par les réactions psycho-électriques intenses. En plus, les expériences, où on provoquait les émotions subconscientes [1], nous montrent que même aux émotions subconscientes correspondent les réactions psycho-électriques.

Quant au genre physique des réactions en rapport avec les excitations, nous remarquons que les émotions provoquées par les impressions immédiates, perceptives, sont mieux notées par le galvanomètre, tandis que les déplacements du niveau de la colonne du mercure dans l'électromètre correspondent surtout aux émotions imaginatives et associatives.

[1] Faites en collaboration avec M. Abramowski.

L'analyse des excitants permet d'établir les faits suivants :

1) Pendant les séries courtes d'excitations (5 à 10 minutes), le niveau général de la courbe monte en majorité des cas; 2) les séries plus longues (50-60 minutes) provoquent un abaissement final de ce niveau ; 3) du même le repos du sujet; 4) les excitants répétés cessent de produire une réaction dès qu'ils cessent d'être accompagnés d'un sentiment de l'étonnement, et commencent à être neutres au point de vue émotionnel; 5) les excitants agréables ou désagréables provoquent une réaction toujours; 6) l'effort volontaire peut diminuer la réaction; 7) pendant deux ou plusieurs excitants produits simultanément, nous remarquons les interférences de la réaction. Le dernier fait s'explique par l'influence d'un effort volontaire du sujet qui l'exerce consciemment ou subconsciemment sur la réaction, en voulant porter son attention sur un des excitants.

En ce qui concerne l'analyse des sujets, les expériences ont donné les résultats suivants : La série des mêmes excitants (lumière, bruit, son d'orgue, odeur, travail mental, etc.[1]) appliqués dans les intervalles de 30 secondes, montre les énormes différences individuelles dans les réactions et la sensibilité des sujets. Le nombre des déviations pendant cette série qui durait 8 minutes, varie depuis 3 jusqu'à 130 chez 30 sujets (13 hommes, 17 femmes). L'excitant qui, dans cette série, produit les maxima des déviations, est l'excitant auditif (sifflet). La durée des périodes latentes oscille entre 0,8 et 5 secondes (2,37 en moyenne). Elle a, comme en général, peu de correspondance avec le genre physique d'excitants, pourtant les réactions provoquées par les excitants tactiles sont, dans cette série, presque toujours précédés par les périodes latentes plus courtes que les autres réactions. En tout, les sujets ont réagi sur 86 % d'excitants. Il est à remarquer que les hommes ont réagi sur 90 % d'excitants, les femmes sur 82 %. Si on compare les chiffres avec les nombres des déviations de la courbe pendant toute la série qui sont égales : 33,7 (en moyenne) pour les hommes, 39,8 (en moyenne) pour les femmes, cette comparaison nous montre qu'une grande partie des déviations a lieu chez les femmes pendant les intervalles entre les excitations (attente), tandis que les hommes réagissent surtout sur les excitants concrets.

Dans une autre série d'expériences, j'ai appliqué le galvanomètre et surtout l'électromètre pour les psycho-analyses. On demandait au sujet de faire les associations libres en chaîne en partant d'un mot quelconque. Dans ce cas, les associations amènent toujours le sujet dans un domaine des idées ou des images, qui ne lui sont pas indifférentes. Dès qu'il s'en approche, on voit de considérables réactions psycho-électriques. Ce fait permet de découvrir les causes

[1] Faite en collaboration avec M. le prof. Claparède.

conscientes ou subconscientes de beaucoup de troubles psychiques (psychiasthénie), et peut rendre des services importants en médecine ; il peut évidemment trouver aussi une application dans la justice.

Pour conclure, ajoutons que quoique les énormes différences individuelles rendent la méthode exposée peu applicable, quand il faut comparer les sujets, sa grande valeur repose surtout dans le fait qu'elle rend la possibilité de comparer objectivement les contenus émotifs que présentent, pour un même individu, les différentes excitations, images, représentations ou idées.

A. Schidlof. *Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement. II. La signification électrodynamique de l'élément d'action* h.

Pour expliquer l'origine électrodynamique des éléments de l'énergie rayonnante, on peut essayer de se représenter la constitution des résonnateurs optiques qui, selon M. Planck, sont la cause de la structure particulière du rayonnement. M. A.-E. Haas[1] a indiqué une voie à suivre. En se basant sur le modèle de l'atome imaginé par M. J.-J. Thomson[2], il obtient pour l'atome d'hydrogène une concordance numérique curieuse.

En recherchant la signification générale et universelle de l'élément d'action, j'ai dû modifier légèrement l'hypothèse de M. Thomson. D'après ses idées, l'électricité positive forme une sphère de rayon A et de densité cubique ρ qui contient un certain nombre (N) d'électrons de charge e. On peut maintenant supposer que la plus grande partie de la charge négative se trouve réunie au centre de la sphère positive en un noyau sphérique compact. Cette sphère négative serait dans un état d'équilibre très stable. Elle est entourée d'un certain nombre d'électrons dispersés dans la sphère positive qui, dans certaines circonstances, peuvent quitter la sphère.

L'absorption de l'énergie rayonnante n'a lieu que si un électron quitte la sphère, et l'émission est toujours accompagnée de la rentrée d'un électron. L'énergie absorbée ou émise, égale à la variation de l'énergie potentielle du système, s'exprime par :

$$\varepsilon = \frac{e^2}{A} \tag{1}$$

Sous l'influence d'un champ électrique uniforme la charge négative totale se déplace par rapport à la charge positive comme un système rigide. La force F sollicitant la charge Ne est proportionnelle à l'écart de la position d'équilibre Δr :

$$F = \frac{4\pi}{3} \varrho N e \, \Delta r = \frac{N^2 e^2}{A^3} \Delta r$$

[1] A.-E. Haas. *C. R. de l'Acad. de Vienne.* T. 119. IIa Février 1910.

[2] J.-J. Thomson. Die Korpuskulartheorie der Materie. *Die Wissenschaft* Fasc. 25. 1908.

Il en résulte pour la fréquence des oscillations propres du système, ν :

$$\nu = \frac{e}{2\pi} \frac{N}{A\sqrt{AM}} \tag{2}$$

M représente la masse du système oscillant. La grande majorité des charges étant contenue dans le noyau central, on peut exprimer la masse électromagnétique des charges négatives par :

$$M = N^{5/3} m \tag{1}$$

m étant la masse électromagnétique d'un électron isolé. On a donc :

$$\frac{\varepsilon}{\nu} = h = 2\pi e \frac{\sqrt{AM}}{N} = 2\pi e \sqrt{\frac{Am}{N^{1/3}}} \tag{4}$$

La densité ρ de l'électricité positive étant la même dans tous les résonnateurs, on doit avoir :

$$\frac{N^{1/3}}{A} = \text{const.}$$

Il en résulte que h est une constante absolue dont la valeur ne dépend que des constantes universelles e, ρ, m.

L'expérience vérifie cette prévision. Si on admet que le nombre d'électrons contenu dans un atome est proportionnel au poids atomique, le rapport A^3/N doit être sensiblement proportionnel à $\mu_\infty - 1/N$ où μ_∞ est l'indice de réfraction pour des longueurs d'onde infinies et M le poids moléculaire du gaz [1].

Les nombres suivants ont été tirés des mesures de dispersion des gaz faites par C. et M. Cuthbertson [2].

Gaz	M	$(\mu_\infty - 1)10^6$	$\frac{\mu_\infty - 1}{M} 10^6$	$10\sqrt[6]{\frac{\mu_\infty - 1}{M}}$
Hélium	2	69.4	17.3	1.60
Néon.....	20	133	6.65	1.37
Argon.....	40	559	14.0	1.55
Krypton.....	80	840	10.5	1.48
Xénon	128	1364	10.65	1.48
Oxygène.....	32	266	8.3	1.42
Azote.....	28	295	10.5	1.48
Hydrogène...	2	136	68.0	2.02
Phosphore...	62	1165	18.8	1.63
Arsenic.....	150	1550	10.3	1.47
Soufre.....	64	1045	16.35	1.57
Mercure.....	200	1765	8.82	1.44
SO_2.....	64	641	10.0	1.47
SH_2.....	34	624	18.3	1.62

[1] $\mu_\infty - 1$ est, comme l'on sait, proportionnel au volume des molécules.

[2] C. et M. Cuthbertson. *Proc. Roy. Soc. London* (A.) 83 pages 149 151 et 171. — 1909.

Pour des gaz d'un poids moléculaire élevé le rapport $\mu_x - 1/M$, et par conséquent ρ, est approximativement constant.

$$\sqrt[6]{\frac{\mu_x - 1}{M}}$$

est sensiblement constant pour tous les gaz, excepté l'hydrogène.

La formule (4) fournit donc un nombre très approximativement constant pour la plupart des atomes. En utilisant la donnée relative à l'atome de mercure, j'ai obtenu :

$$h = 5.2 \times 10^{-27}$$

Ce chiffre peut être encore augmenté, si l'on admet, conformément aux résultats des mesures de dispersion, que la masse de l'électron à l'intérieur de l'atome est plus grande que dans le vide. Une méthode due à Drude permet de calculer le rapport e/m pour l'électron oscillant à l'intérieur de l'atome d'hydrogène. On trouve :

$$\frac{e}{m} = 1.37 \times 10^{7} \text{ U.E.M}$$

D'où l'on tire :

$$m = 1.14 \times 10^{-27}$$

Cette valeur introduite dans la formule (4) donne :

$$h = 6.05 \times 10^{-27}$$

La valeur indiquée par M. Planck est :

$$h = 6.5 \times 10^{-27}$$

Ed. Sarasin et Th. Tommasina. — *Etude de l'action de la chaleur sur l'air ionisé par la radioactivité induite. — Constatation d'une différence de nature entre le produit de la désactivation lente et celui de la désactivation rapide.*

Après les importantes recherches de Rutherford [1] sur la recombinaison des ions dans l'air et dans d'autres gaz à la pression atmosphérique, M. R.-K. Mc. Clung en poursuivit l'étude pour des pressions différentes et trouva que la valeur du coefficient de recombinaison est indépendante de la pression de l'air dans lequel l'ionisation se produit [2]. Ensuite, ce même auteur, par ses expériences *sur les effets de la température sur l'ionisation* produite dans les gaz par les rayons de Röntgen [3] put établir que *pour des variations comprises entre 15° et 272° l'ionisation est indépendante de la température*, bien que dépendante de la densité et proportionnelle à la pression par unité de volume du

[1] Rutherford. *Phil. Mag.*, Novembre 1897.

[2] R.-K. Mc. Clung. *Phil. Mag.*, t. III, 1902, pp. 283-305.

[3] *Idem. Phil. Mag.*, t. VII, 1904. pp. 81-95.

gaz. L'accroissement de la vitesse de décharge électrique, produit par de faibles élévations de température sur l'air ionisé, ne doit donc pas être attribué à l'accroissement de l'ionisation, mais à celui du nombre des chocs dû à l'accélération thermique de la vitesse des ions.

Dans notre cas, la production des ions est due au dépôt actif et au rayonnement complexe α, β, γ, pouvant consister en une expulsion partielle du dépôt actif ou en sa désagrégation, qui est la source du rayonnement secondaire. Or, tandis que la désagrégation atomique n'est pas influencée par la température, une telle influence peut parfaitement exister dans la cause mécanique qui accélère l'expulsion du dépôt actif en couches superficielles. C'est ce phénomène purement mécanique, que nous supposions dû à la vibration thermique des molécules de la surface intérieure de nos cloches métalliques, que nous avons indiqué par le mot *surdésactivation*. Il nous fallait donc établir si une telle expulsion avait lieu ou non, et, en ce dernier cas, si l'effet pouvait être obtenu en chauffant l'air ionisé renfermé dans nos cloches sans chauffer les cloches elles-mêmes; voici comment nous avons procédé.

Nous avons commencé par confirmer, à l'aide du dispositif que nous allons décrire, la constatation déjà faite par Mme Curie, qu'il y a un dépôt actif, en suspension dans l'enceinte activante, contenant de la vapeur d'eau, qui subit l'action de la pesanteur, de façon que les surfaces horizontales en reçoivent davantage, et sont donc plus radioactivées que les surfaces verticales ou inclinées. Le dispositif que nous avons imaginé dans ce but et utilisé est très simple. Un disque en métal, en verre ou en une substance quelconque, sert de couvercle mobile à un cylindre métallique dans lequel est placé le sel de radium, le tout est recouvert par une cloche en verre constituant la chambre d'activation ou d'ionisation. Le jour suivant, ou après 4 ou 5 heures seulement, on sort le disque et on le place sur un autre support cylindrique, identique au premier, mais non activé, qui se trouve sur le plateau de l'électroscope. On constate, en retournant le disque après chaque série de lectures, que les décharges produites par la face de dessous du disque, qui était en regard du radium, sont plus faibles que celles produites par la face opposée qui a reçu le dépôt actif sous l'action de la pesanteur. Le gaz émanation se trouve partout dans l'enceinte activante, car le disque ne fermant pas hermétiquement le support cylindrique n'en empêche point la diffusion.

On a ainsi les deux courbes de désactivation A et A′ de la figure 2, qui sont sensiblement parallèles, et dont la forme est du type III de la figure 1, de notre précédente Note, que nous reportons ici, car cela confirme nos précédentes conclusions.

Ensuite, nous avons fait construire deux autres cloches métalli-

ques de même dimension que les précédentes, dans le but d'utiliser l'action de la pesanteur pour le transvasement du gaz émanation et du dépôt actif solide qui s'y trouve en suspension. Nous avons pu reconnaître, dès le début, un fait important pour notre étude, qui consiste en ceci : que tandis qu'il nous a été facile de verser dans les nouvelles cloches non activées une partie du contenu actif de la cloche à radioactivité induite à désactivation rapide, aucune trace de dépôt solide n'a pu être transvasé, aucune trace d'émanation n'a pu être communiquée par diffusion de la cloche à radioactivité induite à désactivation lente à la cloche non activée. Même en faisant varier les températures respectives des deux récipients, de façon à faciliter le mélange de l'air ionisé de l'un avec l'air chauffé ou refroidi de l'autre, ne nous a permis de constater la moindre accélération de décharge ; tandis, qu'au contraire, nous pouvions suivre, pendant des heures, la courbe indiquant la disparition lente de l'activité du mélange obtenu par le transvasement du contenu d'une cloche à activation de courte durée dans une cloche non activée. Ce sont les courbes *B* et *B'* de la figure 2, analogues au type I de la figure 1, courbes qui constituent une nouvelle confirmation de nos conclusions sur ce sujet.

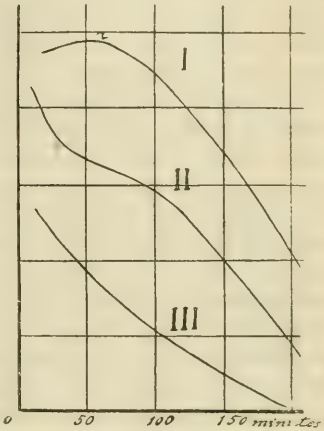


Fig. 1

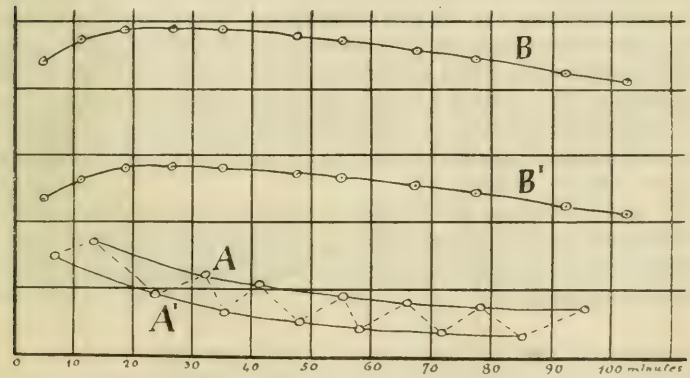


Fig. 2

Comme on sait, les surfaces métalliques facilitent la recombinaison des ions, d'après cela, nous avons cru nécessaire de répéter ces essais avec une cloche en verre non activée. Le transvasement dans cette cloche nous a donné les mêmes résultats positifs pour le produit à évolution rapide, et toujours des résultats négatifs pour le produit à évolution lente. Il faut donc conclure que la cloche à désactivation lente ne renferme point, sensiblement, ni d'émanation libre, ni de dépôt solide en suspension. Or, comme cette cloche montre si nettement l'effet des faibles élévations de température, cet effet ne peut pas être dû à l'expulsion supposée, au moins en sa totalité. Nous sommes forcés de faire cette dernière restriction, à cause des faits suivants : Nous avons constaté que l'air ionisé contenu dans cette cloche, arrivait à saturation, ou mieux à un certain degré de saturation, sans chauffage, en quelques heures, et qu'il suffisait de la placer verticale, ouverte en bas, pendant quelques minutes, pour pouvoir ensuite reconnaître, immédiatement, la disparition du surplus de son air ionisé, qui paraît subir l'effet de la pesanteur, car, si la cloche est ouverte en haut au lieu de l'être en bas, la chose ne se vérifie pas.

L'expérience qui nous a, enfin, montré qu'on peut obtenir l'effet thermique d'accélération de la décharge sans l'intervention de l'expulsion du dépôt actif, est la suivante : Au lieu de chauffer sur le calorifère la cloche active même, nous y avons chauffé une cloche non activée et avons, au contraire, refroidi la première; puis, après avoir placé celle-ci, pendant quelques instants, sur la cloche chauffée pour recevoir une partie de son air chaud, nous l'avons placée rapidement sur le plateau de l'électroscope avant que le métal en fût sensiblement chauffé. Nous avons constaté que la décharge était accélérée presque autant que lors de la chauffe des parois mêmes de la cloche active. Ce qui montre que la modification apportée par de faibles élévations de température consiste dans une accélération, due à la convection calorifique, de la vitesse des ions produits par le rayonnement du dépôt actif, mais qui n'exclut pas qu'il puisse y avoir aussi une surproduction de ions par ce dernier, avec ou sans l'intervention de la vibration thermique moléculaire du métal activé, qui a lieu lorsqu'on chauffe les cloches activées mêmes.

Il reste l'anomalie des cloches en verre, nous en poursuivons l'étude, car il se peut, comme nous l'avons déclaré dans notre précédente Note, qu'il suffise, pour obtenir un effet analogue, d'élever la température.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

R. de Baillehache. Méthode Lippmann-Guillet, pour la détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction.

Dans le travail que j'ai publié dans le dernier numéro des *Archives*,[1] l'omission de deux mots pourrait prêter à une confusion regrettable; je dois à l'obligeance de la rédaction de pouvoir la rectifier ici.

On lit p. 186 : « Dans les laboratoires précités, les constantes des électro-dynanomètres ont été déterminées par des calculs longs et difficiles, etc. » alors que, dans ma pensée, il s'agissait seulement des *trois premiers* laboratoires en question, savoir le Bureau of Standards, le National physical Laboratory et le Laboratoire central d'Electricité.

La méthode de M. le Professeur Lippmann que M. A. Guillet a mise en œuvre au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne ne prête pas à la critique d'ordre général que je formulais à la fin du § 3. L'effort de M. Guillet a tendu principalement au report sur une bobine de grande dimension et à une seule couche de fil des mesures directes et du calcul. L'électrodynamomètre dont la constante est ensuite intégrée expérimentalement, n'intervient plus que par sa sensibilité et ne fait l'objet d'aucun calcul[2], en sorte que la méthode du Laboratoire des Recherches physiques se distingue nettement de toutes les autres. J'ai eu d'ailleurs l'occasion d'appeler l'attention de quelques électriciens sur l'originalité de cette méthode et de signaler l'intérêt de son application dans une étude sur le laboratoire d'étalons du Board of Trade (*Revue électrique*, juillet 1909). J'écrivais aussi en juin 1910 dans *La Technique moderne* au cours d'une suite d'articles sur les unités électriques :

[1] R. de Baillehache. Sur une nouvelle détermination de la force électromotrice de l'élément Weston normal (Recherches du Prof. H. Haga et du Dr J. Boerema). *Arch. Sc. phys. et nat.* IVe période, t. XXXI. mars 1911.

[2] A. Guillet. *Détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction.* (Méthode de M. le Prof. Lippmann appliquée par M. A. Guillet). *Bulletin de la Société int. des Electriciens*, t. VIII (2) N° 78. 1908.

« Avec la balance du Board of Trade, on peut apprécier le dixième d'une division de l'échelle, ce qui donne 0,000065 ampère correspondant à un dépôt de 0,00000007 gr. d'argent par seconde. Il semblerait donc que l'on fût en droit d'énoncer sept chiffres décimaux ; mais la balance a été échelonnée elle-même à l'aide d'un voltamètre à argent, et pour pouvoir lui attribuer une précision de cet ordre, *il serait nécessaire que l'on vérifiât expérimentalement sa constante ; on pourrait le faire en construisant un étalon de potentiel réciproque* pour appliquer la méthode du professeur Lippmann si ingénieusement mise au point par M. A. Guillet. »

CHIMIE

A. Colson. Contribution a l'histoire de la chimie. A propos du livre de M. Ladenburg sur l'histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier. Paris, A. Hermann et fils.

Nous recevons de l'excellente Librairie scientifique A. Hermann et fils un ouvrage excessivement suggestif dû à la plume très compétente de M. Colson et que nous tenons à signaler à nos lecteurs.

Estimant que l'*Histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier*[1] est un beau livre, et que M. Ladenburg avec sa haute autorité a élevé là à sa science un monument vraiment digne d'elle, le savant professeur de chimie à l'Ecole polytechnique a désiré combler certaines lacunes que cet exposé magistral présente selon lui au point de vue de la science française. « Mon impression, » dit-il à la fin de son introduction, « est que loin de chercher à effacer les divergences propres à chaque pays, il vaut mieux les étaler en toute sincérité et les considérer comme d'autres manières d'envisager la science qui est belle sous tous les aspects. C'est dans cet esprit et sans idée de blâme ou de critique que je vais reprendre quelques points de l'histoire de la chimie qui sont considérés en France comme essentiels, et qui ne semblent pas jouir de la même estime en Allemagne. »

Ces points sont entre autres l'œuvre de Scheele continuée par Chevreul, la théorie atomique et l'école de Dumas; la notion de fonction chimique établie par Dumas et Peligot; l'œuvre de Pasteur, isoméries physiques; la catalyse; la radioactivité; la mécanique chimique, la vitesse de réaction, les expériences de Berthelot; la dissociation et les expériences de Ste-Clair-Deville; la thermochimie; la physicochimie et la sidérologie, etc., etc.

[1] Traduction française par M. Corvisy.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

R. de Baillehache. Méthode Lippmann-Guillet, pour la détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction.

Dans le travail que j'ai publié dans le dernier numéro des *Archives*,[1] l'omission de deux mots pourrait prêter à une confusion regrettable; je dois à l'obligeance de la rédaction de pouvoir la rectifier ici.

On lit p. 186 : « Dans les laboratoires précités, les constantes des électro-dynanomètres ont été déterminées par des calculs longs et difficiles, etc. » alors que, dans ma pensée, il s'agissait seulement des *trois premiers* laboratoires en question, savoir le Bureau of Standards, le National physical Laboratory et le Laboratoire central d'Electricité.

La méthode de M. le Professeur Lippmann que M. A. Guillet a mise en œuvre au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne ne prête pas à la critique d'ordre général que je formulais à la fin du § 3. L'effort de M. Guillet a tendu principalement au report sur une bobine de grande dimension et à une seule couche de fil des mesures directes et du calcul. L'électrodynamomètre dont la constante est ensuite intégrée expérimentalement, n'intervient plus que par sa sensibilité et ne fait l'objet d'aucun calcul[2], en sorte que la méthode du Laboratoire des Recherches physiques se distingue nettement de toutes les autres. J'ai eu d'ailleurs l'occasion d'appeler l'attention de quelques électriciens sur l'originalité de cette méthode et de signaler l'intérêt de son application dans une étude sur le laboratoire d'étalons du Board of Trade (*Revue électrique*, juillet 1909). J'écrivais aussi en juin 1910 dans *La Technique moderne* au cours d'une suite d'articles sur les unités électriques :

[1] R. de Baillehache. Sur une nouvelle détermination de la force électromotrice de l'élément Weston normal (Recherches du Prof. H. Haga et du Dr J. Boerema). *Arch. Sc. phys. et nat.* IVe période, t. XXXI. mars 1911.

[2] A. Guillet. *Détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction.* (Méthode de M. le Prof. Lippmann appliquée par M. A. Guillet). *Bulletin de la Société int. des Electriciens*, t. VIII (2) N° 78. 1908.

« Avec la balance du Board of Trade, on peut apprécier le dixième d'une division de l'échelle, ce qui donne 0,000065 ampère correspondant à un dépôt de 0,00000007 gr. d'argent par seconde. Il semblerait donc que l'on fût en droit d'énoncer sept chiffres décimaux ; mais la balance a été échelonnée elle-même à l'aide d'un voltamètre à argent, et pour pouvoir lui attribuer une précision de cet ordre, *il serait nécessaire que l'on vérifiât expérimentalement sa constante ; on pourrait le faire en construisant un étalon de potentiel réciproque* pour appliquer la méthode du professeur Lippmann si ingénieusement mise au point par M. A. Guillet. »

CHIMIE

A. Colson. Contribution a l'histoire de la chimie. A propos du livre de M. Ladenburg sur l'histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier. Paris, A. Hermann et fils.

Nous recevons de l'excellente Librairie scientifique A. Hermann et fils un ouvrage excessivement suggestif dû à la plume très compétente de M. Colson et que nous tenons à signaler à nos lecteurs.

Estimant que l'*Histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier*[1] est un beau livre, et que M. Ladenburg avec sa haute autorité a élevé là à sa science un monument vraiment digne d'elle, le savant professeur de chimie à l'Ecole polytechnique a désiré combler certaines lacunes que cet exposé magistral présente selon lui au point de vue de la science française. « Mon impression, » dit-il à la fin de son introduction, « est que loin de chercher à effacer les divergences propres à chaque pays, il vaut mieux les étaler en toute sincérité et les considérer comme d'autres manières d'envisager la science qui est belle sous tous les aspects. C'est dans cet esprit et sans idée de blâme ou de critique que je vais reprendre quelques points de l'histoire de la chimie qui sont considérés en France comme essentiels, et qui ne semblent pas jouir de la même estime en Allemagne. »

Ces points sont entre autres l'œuvre de Scheele continuée par Chevreul, la théorie atomique et l'école de Dumas; la notion de fonction chimique établie par Dumas et Peligot; l'œuvre de Pasteur, isoméries physiques; la catalyse; la radioactivité; la mécanique chimique, la vitesse de réaction, les expériences de Berthelot; la dissociation et les expériences de Ste-Clair-Deville; la thermochimie; la physicochimie et la sidérologie, etc., etc.

[1] Traduction française par M. Corvisy.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MARS 1911

Le 1, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin, à 1 h. et à 3 h. du soir.
2, gelée blanche le matin ; pluie depuis 8 h. du soir.
3, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
les 6, 7, 8, 9, 11 et 12, gelée blanche le matin.
le 10, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
13, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin ; grésil à midi 30 m. ; neige fondante à 1 h. et un coup de tonnerre ; neige à 5 h. du soir ; fort vent pendant la journée.
14, gelée blanche le matin ; neige à 11 h. ; fort vent à 1 h. et forte bise à 4 h. du soir.
15, neige dans la nuit, haut. 5 cm.
16, neige dans la nuit et à 3 h. du soir.
17, neige à 7 h. du matin.
18, neige à 7 h. et pluie à 10 h. du matin.
19, légère gelée blanche le matin et pluie à 9 h. du soir.
20, pluie dans la nuit.
21, gelée blanche le matin.
24, faibles chutes de pluie dans l'après midi.
25, pluie le matin ; neige l'après-midi, haut. 3 cm.
26, neige dans la nuit et à 7 h. du matin, haut. 4 cm., fort vent le matin.
27, gelée blanche le matin ; neige dans la journée, haut. 3 cm.
31, pluie dans la nuit.

Hauteur totale de la neige 15 cm., tombés en 4 jours.

GENÈVE — MARS 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	27.7	30.6	35.9	30.65	+ 4.82	26.8	37.2	SW. 1	SW. 1	ENE. 1	SW. 1	10.7	10	9	2	7	2.7	1.0	1
2	39.7	39.8	39.1	**39.21**	**+13.45**	37.4	**41.2**	E. 1	NW. 1	WSW. 1	var.	5.2	0	10	10	8	2.2	4.0	4
3	35.6	34.9	35.3	35.69	+ 9.99	34.6	38 5	NE. 1	ENE. 0	NE. 1	NE. 1	4 4	10	10	10	10	0.0	7.2	12
4	32.9	31.3	28.5	31.41	+ 5.77	28.0	34.4	NW. 0	ENE. 1	N. 1	var.	2.5	2	4	10	7	3.7	...	....
5	27.0	27.6	26.6	27.06	+ 1.48	26.3	27.8	WNW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.9	10	10	0	7	2.3	..	...
6	24.6	23.3	22.1	23.77	- 1.76	22.0	26.3	NE. 1	N. 1	N. 1	N. 1	6.1	2	3	4	4	**9.0**	..	....
7	23.7	24.4	25 0	24.08	- 1.39	22.6	25.7	WNW. 1	NNE. 1	N. 1	N. 1	3.1	7	8	2	7	6.3	...	....
8	26.0	26.0	26.8	26.42	+ 1.01	25.8	27.0	NW. 1	SW. 1	NNE. 1	var.	5.0	9	3	9	7	5.5	...	...
9	26.5	26.6	27.3	26 64	+ 1.28	25.8	27.8	NW. 0	NNE. 1	NNE 1	var.	2.9	1	4	10	5	6.5	1.0	2
10	29.6	30.1	30.1	29.54	+ 4.24	27.8	30.4	WSW. 1	NNE. 1	NNE 1	NNE. 1	3.4	10	10	5	9	0 3	0.9	2
11	27.6	26 8	26.4	27.19	+ 1.94	25.5	29.6	ENE. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	2.9	9	1	2	3	5.7	...	...
12	26.0	24.6	21.8	24.47	- 0.73	21.0	26 1	NNW. 1	SW. 1	SW. 0	calme	1.1	7	6	2	6	5 3	...	....
13	15.5	15.6	19.1	17.12	- 8.03	14.0	20.0	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	**13.3**	10	10	9	8	0.6	6.1	9
14	17.5	16 9	17.2	17.38	- 7.72	16.4	18.9	S. 1	WSW. 2	SSE. 1	var.	7.5	9	8	7	8	5.9	1.3	2
15	16.2	17.1	16.4	16.67	- 8.38	16.2	17.1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	8.6	5	10	10	9	0.8	6.2	1
16	18 4	19.7	21.7	19.42	- 5.59	17.2	21.8	SSW. 1	SSW. 2	WSW. 1	SSW. 1	8 2	7	9	10	9	4.0	0.3	....
17	22.5	22.7	22.9	22.48	- 2.48	21.6	23 4	SW. 1	NNE. 1	NNE. 1	var	5.9	10	9	5	7	8.0	1 5	1
18	24.5	24.7	24.2	23.98	- 0.94	23.1	25.1	W 0	SW. 1	ENE. 1	var.	2.9	10	8	8	6	4.5	4.0	3
19	23.7	22.0	20.6	22.28	- 2.60	20.2	24.0	E. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	2.1	5	8	10	8	5.9	1.3	2
20	19.6	18.6	20.2	19.97	- 4.87	18.6	21.6	SSW. 1	NNE. 0	SW. 1	SW. 1	3.1	10	9	2	7	1.7	...	....
21	23.8	23.6	23.7	23.38	- 1.43	22.2	24.1	SW. 1	NW 1	W. 1	var.	2.1	3	5	5	4	8 0	...	....
22	24.3	24.2	24.1	24.24	- 0.53	23.7	25.1	W. 0	NW. 1	NW. 0	calme	0.9	9	7	4	8	2.6	...	....
23	25.8	24.4	23.3	24.51	- 0.23	23.1	26.0	SSW. 0	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	2.3	9	5	1	4	7.4	...	....
24	22.5	20.8	20.8	21.64	- 3.07	20.3	23 1	WNW. 1	NW. 1	E. 1	var.	4.0	8	9	9	8	4.1	2.0	2
25	16.4	14.3	14.3	**15.94**	**- 8.74**	**13.6**	20 2	W. 1	SW. 1	ENE 1	ENE. 1	5.9	10	10	10	10	0.7	**13.8**	**19**
26	14.7	17.7	20 9	16.96	- 7.69	13.7	21 7	SSW. 2	SSW. 2	WSW. 0	SSW. 1	12.7	10	9	1	6	0.9	0.8	2
27	23.1	23.3	23.5	22.88	- 1.75	21.5	23.6	SW 1	NNE 1	NW. 1	var.	3.6	10	10	10	10	0.0	2.3	8
28	21.9	20.8	20.8	21.34	- 3.26	19.7	23 1	WNW. 0	N. 1	N. 1	N. 1	1 9	7	8	10	8	6.1	..	....
29	19.5	18.8	17.6	18.92	- 5.66	17.2	20.6	W. 0	W. 1	WNW. 0	calme	0.9	10	10	10	9	1.7	..	....
30	19.3	20.6	24.2	20.66	- 3.90	17.9	25.6	NE. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	9.2	7	5	9	7	8.1	0.4	1
31	26.1	25.6	25 9	25.69	+ 1 14	24.8	26.5	SW. 1	WSW. 1	SW. 1	var.	4.0	2	4	9	6	8.0	2.3	3
Mois	23.94	23.79	24.07	23.92	- 1.11							4.91	7.4	7.3	6.6	7.2	128.5	50.4	74

GENÈVE — MARS 1911

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 7.9	+10.5	+ 4.9	+ 7.95	**+ 4.97**	+ 4.5	+11.5	76	57	69	65	**-14**	50	95	5.4	0.0	1305
2	- 0.1	7.9	6.1	5.04	+ 1.95	- 0.3	8.9	89	47	43	67	-12	40	95	5.0	- 0.5	1300
3	+ 3.5	6.1	4.4	4.37	+ 1.17	+ 2.7	6.5	97	94	100	**96**	**+18**	90	100	5.3	- 0.2	1290
4	3.5	10.2	7.3	6.70	+ 3.38	3.3	11.6	98	68	85	85	+ 7	55	100	5.3	- 0.2	1345
5	5.9	6.6	5.2	6.05	+ 2.62	4.2	7.9	68	61	71	71	- 7	53	90	...	.....	1355
6	2.1	6.2	4.0	4.07	+ 0.52	+ 1.4	7.8	76	53	71	68	-10	50	90	5.3	- 0.3	1350
7	0.2	5.7	4.0	3.23	- 0.43	0.0	7.6	89	58	80	75	- 2	53	91	5.3	- 0.4	1365
8	+ 1.1	11.4	5.9	4.80	+ 1.02	- 0.2	11.5	88	40	56	67	-10	40	90	5.3	- 0.4	1360
9	- 0.8	6.5	5.9	3.86	- 0.04	- 1.1	9.7	91	58	71	72	- 5	50	93	5.5	- 0.3	1360
10	+ 2.6	4.5	2.6	3.89	- 0.13	+ 1.7	5.2	89	74	88	81	+ 4	68	90	5.5	- 0.3	1365
11	0.7	5.6	3.9	3.14	- 1.00	- 0.4	7.4	89	61	83	79	+ 3	58	96	5.7	- 0.2	1350
12	0.5	12.7	6.0	5.65	+ 1.39	- 0.1	13.5	92	36	65	68	- 8	33	93	....	....	1355
13	+ 5.8	2.0	2.4	4.96	+ 0.58	+ 1.4	9.5	62	92	73	66	-10	38	95	5.8	- 0.2	1300
14	- 0.1	5.7	0.4	1.59	- 2.92	- 1.4	6.8	85	46	81	71	- 5	43	97	5.4	- 0.6	1345
15	- 1.5	2.1	2.0	0.72	- 3.91	- 2.0	3.7	96	61	63	79	+ 4	58	98	5.1	- 1.0	1310
16	+ 0.8	6.2	2.8	2.49	- 2.26	- 0.5	7.2	87	39	70	72	- 3	35	90	5.3	- 0.9	1330
17	1.6	8.0	4.6	4.15	- 0.73	+ 1.0	9.5	88	46	70	68	- 7	40	92	5.6	- 0.6	1305
18	1.0	5.7	4.1	3.12	- 1.88	0.4	7.0	96	85	90	90	+15	70	97	5.5	- 0.8	1305
19	1.5	9.6	8.6	5.99	+ 0.86	0.8	11.8	95	58	78	78	+ 4	55	96	....	....	1315
20	6.3	10.5	5.8	7.64	+ 2.38	4.8	11.5	94	57	88	79	+ 5	55	95	5.9	- 0.5	1270
21	1.0	12.2	6.9	6.30	+ 0.92	0.2	13.9	95	40	76	73	- 1	35	97	6.0	- 0.5	1265
22	3.7	12.1	7.7	7.29	+ 1.78	2.3	13.4	85	35	71	67	- 7	**30**	90	6.0	- 0.5	1250
23	5.5	12.4	10.9	9.33	+ 3.69	4.9	15.3	87	54	74	68	- 5	35	91	6.1	- 0.5	1220
24	5.1	12.7	+ 7.4	8.27	+ 2.50	+ 4.0	15.2	87	58	89	77	+ 4	58	93	6.2	- 0.5	1220
25	+ 6.5	6.1	0.0	+ 3.96	- 1.94	- 0.4	8.4	84	72	100	90	+17	70	100	5.9	- 0.8	1205
26	- 1.6	1.2	- 0.5	- 0.14	- 6.17	- 2.0	2.8	95	88	96	89	+16	58	100	...	.....	1225
27	- 2.1	1.7	+ 0.3	**- 0.79**	**- 6.96**	**- 4.2**	3.0	87	71	100	87	+14	65	100	5.0	- 1.9	1220
28	+ 0.4	8.5	8.0	+ 5.38	- 0.92	0.0	12.0	96	65	81	79	+ 7	55	96	5.5	- 1.5	1220
29	3.2	11.5	9.5	8.03	+ 1.60	+ 2.2	16.1	93	71	76	76	+ 4	39	94	5.8	- 1.2	1225
30	6.8	17.5	11.1	11.25	+ 4.69	4.6	18.5	82	34	72	**62**	-10	34	85	6.2	- 0.9	1200
31	+ 7.0	+16.7	+12.0	**+11.55**	+ 4.85	+ 6.1	**+18.6**	91	41	72	68	- 4	40	93	6.5	- 0.7	1200
Mois	+ 2.52	+ 8.27	+ 5.30	+ 5.16	+ 0.56	+ 1.22	+10.10	88	59	77	75	0			5.61	-0.51	1291

MOYENNES DE GENÈVE. — MARS 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.42	29.07	29.32	29.94	29.47	29.11	29.44	29.80	29.45
2e »	21.76	21.14	21.14	21.23	20.86	20.57	20 91	21.15	21.10
3e »	21.57	21.40	21.58	21.76	21.28	20.95	21.31	21.90	21.47
Mois	24.17	23.79	23.94	24.23	23.79	23.46	23.80	24.21	23.92

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 3.58	+ 3.06	+ 2.59	+ 5.21	+ 7.56	+ 7.32	+ 6.06	+ 4.59	+ 5.00
2e »	2.02	1.53	1.66	4.19	6.81	6.64	5.22	3.49	3.95
3e »	3.39	2.59	3.23	6.84	10.24	10.66	8.03	6.25	6.40
Mois	+ 3.01	+ 2.40	+ 2.52	+ 5.46	+ 8.27	+ 8.29	+ 6.50	+ 4.82	+ 5.16

Fraction de saturation en %.

1 décade	83	85	86	75	61	61	68	78	75
2e »	83	85	88	76	58	60	70	80	75
3e »	87	89	89	74	57	57	74	80	76
Mois	84	86	88	75	59	60	71	80	75

Dans ce mois l'air a été calme 167 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{56}{63} = 0.89$.

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

	mm
Pression atmosphérique.....	23.93
Nébulosité	7.1
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 5°.36
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+ 5°.35
Fraction de saturation.....	75 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	25.03
Nébulosité..	(1847-1875)..	6.1
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	47mm.3
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne...	(id.).	+4°.60
Fraction de saturat.	(1849-1875).	75%

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	56.9	63.3	54.4	52.2	70.7	50.0	49.4

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	54.1	50.4	54.1	53.1	63.2	52.6

Insolation à Jussy : 111 h. 1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1911

Les 1, 2 et 3 très forte bise et neige.
4 et 5 forte bise.
6, 9, 10, 13, 18, 19, 20, 21, 22 et 31 très fort vent.
10, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28 et 29 neige.
28, 29 et 30 vent très violent.

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	63.7	64.8	65.9	64.8	+ 5.1	63.5	68.4	NE. 2	NE. 1	NE. 4	NE. 2	10	10	10	10	9.7	8
2	69.3	70.1	69.5	**69.6**	+ **9.9**	68.8	**70.1**	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	0	10	10	7	10.3	15
3	66.0	67.1	67.5	66.9	+ 7.2	66.0	67.6	NE. 4	NE. 3	NE 4	NE. 4	10	10	10	10	**27.5**	**36**
4	66.2	66.1	64.5	65.6	+ 5.9	63 8	67 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	8	0	6	. .	....
5	61.7	61.1	60.5	61.1	+ 1.4	59.6	63.2	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	8	1	10	6	....	....
6	58.4	58.0	58.1	58.2	- 1.5	58.0	59.8	NE. 1	SW. 3	SW. 2	SW. 2	0	0	0	0	....	....
7	58.7	59.5	60 4	59.5	- 0.2	58.5	60.5	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	3	1	5	. ..	...
8	60.2	60.5	60.8	60.5	+ 0.8	60.1	60.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	0	2	5	2	....	....
9	60.3	60.8	61.7	60.9	+ 1.2	60.3	61.9	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	0	5	10	5	....	.. .
10	62.1	62.6	62.8	62.5	+ 2.8	62.0	62.9	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	3.8	7
11	61.3	61.0	61.3	61.2	+ 1.5	61.0	61.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW 1	10	7	0	6	....	.. .
12	60.3	60.5	59.0	60.0	+ 0.3	57.6	61.1	SW. 1	NE. 1	SW. 2	SW. 1	3	2	4	3	....	....
13	54.2	52.0	52 0	52 7	- 7.0	51.2	56.4	SW. 3	SW. 3	NE. 3	SW. 3	10	10	10	10	8.1	16
14	50.8	50.6	49.8	50.4	- 9.3	49.2	51.3	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	9	4	10	8	4.0	10
15	48.5	49.8	50.9	**49.7**	**-10.0**	48.5	51.1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	9	0	6	2.0	5
16	51.6	53 6	55 7	53.6	- 6 1	51.4	55.7	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	9	8	9	0.2	....
17	55.8	57.1	59.1	57.3	- 2.5	55.7	59.2	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	5	4	0	3	....	....
18	59.2	59.4	61.4	60.0	+ 0 2	59.2	61.5	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	0.3	1
19	60.4	61.0	60.4	60 6	+ 0.8	60.2	61.2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	8.5	12
20	59.7	59.1	61.0	60.6	+ 0 8	59.0	61.5	SW. 2	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	2.6	2
21	61.7	63.7	63.2	62.9	+ 3.0	61.5	63.8	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	2.6	2
22	62.5	63.2	63 4	63.0	+ 3.1	62.4	63.5	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	2.8	3
23	62 5	62 6	62.6	62.6	+ 2.7	61.8	62.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	10	10	8	....	....
24	59.8	58 8	56.5	58.4	- 1.6	55.4	61.7	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	6	10	9	7.5	12
25	53.5	51.0	48 5	51.0	- 9.0	48.0	54.7	NE. 1	SW 2	SW. 1	SW. 1	10	10	6	9	12.6	16
26	47 0	49.9	54.4	50.4	- 9.7	**47.0**	56.8	NE. 3	NE. 2	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	5.3	10
27	58.4	60.3	61.4	60 0	- 0.1	57 0	62.2	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	11.7	14
28	62.8	63.1	63.8	63.2	+ 3.1	62.3	63.9	SW. 3	SW. 5	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	11.6	7
29	62.7	62.1	60.5	61.8	+ 1.6	60.3	63.1	SW. 4	SW 5	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	14.6	15
30	60.1	61.0	63.1	61.4	+ 1.2	60.0	63.3	NE. 1	SW. 4	SW. 2	SW. 3	8	10	10	9	....	.. .
31	63 5	64.3	64.6	64.1	+ 3.8	63.4	64.8	SW. 2	SW. 3	NE. 2	SW. 2	10	10	10	10	....	....
Mois	59.45	59.83	60.14	59.81	+ 0.10							8.0	7.7	7.5	7.7	145.7	191

GRAND SAINT-BERNARD — MARS 1911

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 4.5	- 4.2	- 9.4	- 6.0	+ 2.2	- 9.5	- 3.1	77	87	86	83	35	96
2	-12.4	- 8.2	- 7.2	- 9.3	- 1.1	-12.4	- 6.8	84	56	86	75	50	94
3	- 6.5	- 5.5	- 4.6	- 5.5	+ 2.6	- 7.0	- 4.4	86	86	88	87	83	93
4	- 5.2	- 1.3	- 5.5	- 4.0	+ **4.0**	- 5.6	- 1.0	88	90	46	75	40	96
5	- 6.3	- 4.3	- 8.6	- 6.4	+ 1.6	- 8.8	- 3.1	42	47	100	63	37	100
6	- 9.2	- 7.0	- 7.3	- 7.8	+ 0.1	-10.1	- 5.2	22	68	52	**47**	**20**	71
7	- 9.6	- 5.6	- 9.5	- 8.2	- 0.4	-10.2	- 3.6	100	86	100	95	58	100
8	-10.7	- 6.5	-10.3	- 9.2	- 1.4	-10.8	- 5.2	96	79	100	92	70	100
9	- 9.5	- 7.5	- 8.5	- 8.5	- 0.8	-10.0	- 6.0	75	84	100	86	50	100
10	- 9.3	- 7.2	- 9.2	- 8.6	- 1.0	- 9.5	- 5.9	100	100	100	100	74	100
11	- 9.6	- 6.5	-10.4	- 8.8	- 1.2	-10.6	- 4.0	100	94	81	92	56	100
12	-10.4	- 5.5	- 8.5	- 8.1	- 0.6	-10.5	- 3.6	84	63	81	76	53	94
13	- 9.4	- 7.2	-12.2	- 9.6	- 2.2	-12.9	- 6.3	100	100	100	100	78	100
14	-16.2	- 9.3	-13.5	-13.0	- 5.7	**-16.2**	- 8.1	97	79	97	91	75	100
15	-15.5	-10.5	-16.2	**-14.1**	- **6.9**	-15.8	- 9.2	96	93	84	91	79	98
16	-14.2	-10.5	-13.3	-12.7	- 5.6	-15.0	- 9.6	87	85	82	85	65	94
17	-14.6	- 9.2	-11.5	-11.8	- 4.8	-14.8	- 6.4	77	62	82	74	56	87
18	-11.6	- 8.5	-10.3	-10.1	- 3.1	-11.9	- 6.3	93	92	95	93	85	98
19	-11.3	- 5.6	- 7.5	- 8.1	- 1.2	-11.4	- 5.0	92	89	95	92	88	100
20	- 7.6	- 7.2	- 7.4	- 7.4	- 0.6	- 7.9	- 6.6	95	96	95	96	92	100
21	- 7.5	- 6.2	- 5.5	- 6.4	+ 0.3	- 8.0	- 5.1	96	96	96	96	94	100
22	- 5.4	- 4.2	- 4.4	- 4.7	+ 1.9	- 5.6	- 3.5	96	97	98	97	95	100
23	- 4.6	- 0.4	- 4.3	- 3.1	+ 3.4	- 4.8	0.0	97	89	94	93	81	100
24	- 4.3	+ 0.1	- 4.5	- **2.9**	+ 3.5	- 4.6	+ **0.3**	98	71	96	88	64	100
25	- 6.2	- 5.3	- 8.5	- 6.7	- 0.4	-10.2	- 3.1	95	86	87	89	70	100
26	-13.5	- 9.5	-14.2	-12.4	- 6.2	-14.6	- 8.8	87	82	83	84	75	92
27	-13.4	-10.4	- 9.2	-11.0	- 5.0	-15.3	- 8.6	85	88	88	87	76	94
28	- 4.5	- 3.3	- 3.6	- 3.8	+ 2.1	- 6.0	- 3.0	94	95	98	96	81	100
29	- 3.4	- 2.4	- 3.4	- 3.1	+ 2.7	- 4.0	- 2.1	92	97	95	95	85	100
30	- 4.5	- 3.5	- 4.6	- 4.2	+ 1.5	- 5.2	- 2.8	86	89	94	90	80	98
31	- 6.4	- 2.4	- 4.4	- 4.4	+ 1.2	- 7.6	- 1.9	92	84	93	90	77	97
Mois	- 8.95	- 5.96	- 8.31	- 7.74	- 0.42	- 9.96	- 4.77	87	84	89	87		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	62.66	63.06	63.17	62.96	77	78	86	80
2e »	56.18	56.41	57.06	56.55	92	85	89	89
3e »	59.50	60.00	60.18	59.89	93	89	93	92
Mois	59.45	59.83	60.14	59.81	87	84	89	87

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 8.32	— 5.73	— 8.01	— 7.35	— 7.52
2e »	— 12.04	— 8.00	— 11.08	— 10.37	— 10.55
3e »	— 6.70	— 4.31	— 6.05	— 5.69	— 5.78
Mois	— 8.95	— 5.96	— 8.31	— 7.74	— 7.88

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{69}{119} = 0.58$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	59.9	49.3	106.6	145.7
Neige en centimètres....	7	34	118	191

SUR LA RATIONALITÉ DES RAPPORTS
DES MOMENTS MAGNÉTIQUES MOLÉCULAIRES
ET LE
MAGNÉTON

PAR

Pierre WEISS

Mémoire présenté à la Société suisse de Physique le 13 mai 1911

Je me propose, dans le présent Mémoire, de montrer comment on peut trouver en valeur absolue le moment magnétique d'un grand nombre de molécules, et que tous ces moments ont une même valeur aliquote commune à laquelle j'ai donné le nom de Magnéton.

Introduction

Résumé de la Théorie cinétique du Magnétisme

§ 1. — *Théorie du Diamagnétisme et du Paramagnétisme de Langevin.* — Langevin [1] a donné une théorie cinétique du dia- et paramagnétisme qui s'adapte aux faits expérimentaux d'une manière remarquable. Dans la suite de ce travail, je m'appuierai sur cette théorie. Elle a aussi servi de point de départ à celle du champ moléculaire, au moyen de laquelle j'ai rendu les phénomènes du ferromagnétisme accessibles au calcul. Je commencerai donc par en indiquer brièvement les traits principaux.

Langevin attribue le dia- et le paramagnétisme à des causes différentes. Le diamagnétisme, aussi général que le phénomène

[1] Langevin. *Ann. Chim. Phys.*, 8 s., t. V, p. 70, 1905.

de Zeeman auquel il est intimement lié, appartient à tous les atomes quels qu'ils soient. Il consiste dans la déformation des orbites des électrons par le champ magnétique. Ce phénomène, en tant qu'intérieur à l'atome, n'est pas modifié par le mouvement de translation ou de rotation de celui-ci, ou de la molécule. Il est donc indépendant de la température comme l'expérience le montre dans un grand nombre de cas.

Ce premier point acquis, M. Langevin arrive à l'explication du paramagnétisme en introduisant une distinction des molécules en deux catégories, fondée sur l'idée de symétrie. Il admet que chaque molécule contient un grand nombre d'électrons décrivant des orbites fermées, dont chacun fournit un certain moment magnétique. Le moment magnétique résultant peut alors être nul par suite de la symétrie avec laquelle les orbites sont disposées dans la molécule, et, le champ magnétique extérieur n'ayant aucune prise sur la molécule considérée comme un tout, son action se borne à la polarisation diamagnétique. Dans le cas contraire où le moment magnétique est différent de zéro, l'orientation des molécules dépend à la fois de l'action du champ et de l'agitation thermique. C'est un problème de dynamique statistique dont la solution repose sur la loi de Maxwell-Boltzmann, sur la répartition des molécules entre des positions correspondant à diverses valeurs de l'énergie potentielle.

Soient : σ_m l'aimantation moléculaire[1] [moment magnétique de la molécule-gramme],

σ_{mo} sa valeur maxima au zéro absolu, où nulle agitation thermique ne contrarie l'action orientante du champ,

H le champ magnétique,

T la température absolue,

RT deux fois l'énergie cinétique pour un degré de liberté de la molécule,

[1] Il est commode d'introduire de suite les quantités moléculaires. La relation trouvée subsiste évidemment pour les aimantations spécifiques σ et σ_o, rapportée à l'unité de masse; elle est encore exacte, au degré d'approximation que comporte la négligence de la dilatation thermique, pour les *intensités d'aimantation* I et I_o qui sont les moments par unité de volume.

R est aussi la constante de l'équation du gaz parfait $pv = RT$ rapportée à la masse moléculaire ($R = 83,155 \times 10^6$ ergs. par degré). On a :

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} = \coth a - \frac{1}{a} \tag{1}$$

où a est l'abréviation :

$$a = \frac{\sigma_{mo} H}{RT} \tag{2}$$

La relation (1) est représentée par la courbe de la *fig. 1*, dont les abcisses a, à une température déterminée T, sont proportionnelles aux champs H. Elle montre que l'aimantation croît d'abord proportionnellement au champ, puis moins vite, et que, pour des champs très intenses, elle tend vers la valeur limite σ_{mo} qu'elle aurait prise au zéro absolu dans un champ de grandeur quelconque.

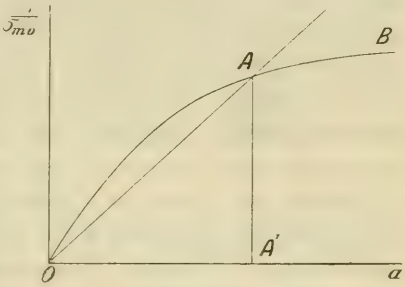


Fig. 1

Langevin a montré que, pour l'oxygène, gaz paramagnétique auquel s'applique tout d'abord sa théorie, l'écart de la proportionalité ne serait sensible à la température ordinaire que dans un champ de 100.000 g. A plus forte raison, les aimantations voisines de la saturation sont-elles inaccessibles.

Si, développant l'expression $\coth a - \frac{1}{a}$ en série, on ne conserve que le premier terme, l'équation (1) devient :

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} = \frac{a}{3} = \frac{\sigma_{mo}.H}{3RT} \tag{3}$$

ou, puisque $\sigma_m : H$ est le coefficient d'aimantation moléculaire χ_m :

$$\chi_m = \frac{\sigma^2_{mo}}{3RT} \tag{4}$$

ce coefficient d'aimantation donc est inversement proportionnel à la température absolue : c'est la loi de Curie. La *constante de Curie* moléculaire est :

$$C_m = \chi_m.T = \frac{\sigma^2_{mo}}{3R} \tag{5}$$

La loi de Curie se vérifie dans un grand nombre de cas. Ceux où elle ne se vérifie pas demandent à être traités indépendamment. Du Bois et Honda[1] ont montré récemment que le plus grand nombre des corps *simples* y fait exception.

§ 2. *Champ moléculaire.* — La théorie cinétique de Langevin est pour le paramagnétisme ce que la théorie cinétique de Daniel Bernoulli est pour la compressibilité des gaz parfaits. Van der Waals a étendu cette dernière théorie aux fluides en général, en faisant une hypothèse sur l'action mutuelle des molécules du gaz jusque là supposées indépendantes. Cette hypothèse se traduit par la pression intérieure qui, s'ajoutant à la pression extérieure, explique la grande densité des liquides en faisant appel aux propriétés des gaz. D'une manière analogue, j'ai imaginé un champ moléculaire qui, s'ajoutant au champ magnétique extérieur, explique par les lois du paramagnétisme la forte aimantation des corps ferromagnétiques.

J'admets que *l'action de l'ensemble des molécules sur l'une d'entre elles est équivalente à un champ magnétique*[2] *uniforme proportionnel à l'intensité d'aimantation et dirigé comme elle.* Ce champ moléculaire est donc défini par :

$$H_m = NI \tag{6}$$

ou N est une constante et I l'intensité d'aimantation. Puisque cette dernière quantité est le moment magnétique par unité de volume, on peut aussi écrire, en appelant m le poids moléculaire et D la densité :

$$H_m = N \frac{D}{m} \sigma_m \tag{7}$$

Les molécules qui contribuent effectivement à la production de ce champ sont contenues à l'intérieur d'une sphère d'action moléculaire.

[1] Du Bois et Honda. *Proc. Acad. Amsterdam,* p. 596; 1910. — Honda. *Ann. d. Phys.*, Bd 32, S. 1027; 1910.

[2] Il est commode, au point de vue qui nous occupe ici, de se représenter provisoirement les actions mutuelles des molécules comme des forces magnétiques. Mais cela n'est nullement nécessaire. Les forces sont de nature quelconque, pourvu qu'il en résulte pour les molécules la même énergie potentielle de rotation que celle qui est exprimée par l'équation (6). Je montrerai dans un prochain mémoire *pourquoi ces forces ne peuvent être magnétiques*, et ce que l'on peut dire, dès à présent, sur leur nature.

J'ai admis, en outre, que *ces actions mutuelles exprimées par l'équation (6) sont les seules qui interviennent dans la rotation des molécules, ou, en d'autres termes, qu'à part le champ moléculaire, celles-ci tournent aussi librement dans un métal magnétique que dans un gaz parfait.* Cette partie négative de l'hypothèse paraît particulièrement osée, elle ne peut être justifiée que par le succès. L'énergie potentielle de *translation* des molécules n'est l'objet d'aucune hypothèse déterminée.

§ 3. *Aimantation spontanée.* — Supposons d'abord que le champ moléculaire existe seul, et montrons que les corps ferromagnétiques peuvent prendre une aimantation finie en l'absence de tout champ extérieur. Quand le champ extérieur H_e est nul et que, par conséquent, le champ total se réduit au champ moléculaire H_m, donné par (7), l'équation (2) devient :

$$a = \frac{\sigma_{mo}\,\mathrm{ND}}{m\mathrm{RT}}\,.\,\sigma_m \tag{8}$$

cette équation est représentée, pour une valeur déterminée de la température T, par la droite OA de la figure 1. Combinée à l'équation (1)

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} = \coth a - \frac{1}{a} \tag{1}$$

elle donne, par l'intermédiaire de la variable auxilaire a, les systèmes de valeurs σ_m et T qui répondent à la question.

Cette solution est donnée graphiquement par les points d'intersection de la droite et de la courbe dans la *fig. 1.* Le système $\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} = o$, $a = o$, et, par suite, $H = o$ qui semble s'imposer d'abord, ne correspond pas à un état stable. Cela est le cas, au contraire, pour l'état représenté par le point A. Imaginons, en effet, que modifiant l'orientation des molécules par une intervention directe, on donne à $\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}}$ une valeur un peu inférieure à AA'. La valeur de a, donnée par la droite, sera alors un peu supérieure à celle qu'exige la courbe pour la même aimantation. Or, ces valeurs de a sont proportionnelles au champ moléculaire et au champ exigé par la formule de Langevin. Le premier l'emporte donc, et l'aimantation croîtra jusqu'à la valeur AA'. De même, une aimantation un peu supérieure à cette valeur tendra à y revenir.

Nous sommes donc invités à nous familiariser avec une *aimantation spontanée*, alors que l'expérience ne nous fait connaître l'aimantation que comme conséquence de l'application d'un champ magnétique actuel ou antérieur. Ce résultat n'a en soi rien qui doive surprendre, puisque d'une manière analogue un liquide peut exister, avec sa forte densité, sous une pression extérieure nulle, c'est-à-dire sous la seule pression intérieure. Reste à voir pourquoi dans un morceau de fer ou d'acier à l'état neutre cette aimantation échappe à nos sens. On se rend compte que, dans ce que nous avons dit, rien ne détermine la direction dans laquelle se produira l'aimantation spontanée. Livrée au hasard, elle prendra toutes les directions possibles dans une portion de la matière quelque peu étendue, qui paraîtra neutre par compensation.

Le hasard intervient par le mécanisme de la cristallisation confuse des corps solides. Disons, pour abréger, que la théorie se prête sans difficulté à une généralisation expliquant les propriétés ferromagnétiques d'un cristal isolé et à la synthèse de celles des matières cristallines isotropes en apparence.

On se rend compte maintenant que le rôle du champ extérieur est, non de provoquer l'aimantation, mais de la rendre sensible à l'observation. On n'observera réellement l'aimantation spontanée, avec sa vraie grandeur, que lorsqu'on l'aura rendue exactement parallèle dans toute l'étendue de la substance, et pour cela un champ très intense est nécessaire. *L'aimantation spontanée est la saturation à la température considérée.*

Il ne faut pas confondre les saturations relatives dont nous parlons ici avec la saturation absolue de Langevin. Ces expressions ne désignent la même chose qu'au zéro absolu.

Il n'y a donc pas de différence essentielle entre un corps aimanté et un corps magnétique fortement aimantable. Ils sont, l'un et l'autre, aimantés à saturation ; seulement dans l'un l'aimantation est coordonnée et dans l'autre elle est confuse.

Il est vrai que, en principe, un champ extérieur s'ajoutant au champ moléculaire, doit changer, non seulement l'orientation, mais encore la grandeur de l'aimantation. Seulement, les champs qui sont nécessaires pour déplacer le point figuratif d'une quantité tant soit peu appréciable sur la courbe de Lan-

gevin, sont tellement énormes qu'on pourra, en général, faire abstraction de ce dernier effet. Il cessera seulement d'en être ainsi quand on s'approchera de la température de disparition du ferromagnétisme spontané, dont il nous reste à parler.

§ 4. *Variation thermique de l'Aimantation spontanée.* — Lorsque la température s'élève, le coefficient angulaire de la droite OA augmente proportionnellement à T et, par conséquent, l'aimantation diminue. Elle s'annule pour la température Θ à laquelle la droite est tangente à la courbe au point O; Θ est la température absolue de perte du ferromagnétisme spontané, pour laquelle la désignation de point de Curie a déjà été introduite [1]. Cette température n'est pas sans une certaine analogie lointaine avec la température critique de la loi de compressibilité des fluides.

Pour calculer Θ à partir des données du problème, remarquons que quand T tend vers Θ, $\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}}$ et a tendent simultanément vers zéro dans le rapport donné par :

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} = \frac{a}{3} \tag{3}$$

qui, porté dans l'équation (8) donne :

$$1 = \frac{\sigma^2_{mo}.\mathrm{N.D}}{3m.\mathrm{R}.\Theta} \tag{9}$$

d'où

$$\Theta = \frac{\sigma^2_{mo}.\mathrm{N.D}}{3m\mathrm{R}} \tag{10}$$

Au moyen de l'équation (5) on peut introduire dans (10) la constante de Curie qu'aurait la substance, si, supprimant le champ moléculaire, on la rendait paramagnétique :

$$\Theta = \frac{\mathrm{C}_m}{m}\,\mathrm{ND} \tag{11}$$

qui devient, avec la constante de Curie C, rapportée à l'unité de masse, à la place de la constante moléculaire :

$$\Theta = \mathrm{C.N.D} \tag{12}$$

L'intérêt de cette équation réside en ce qu'elle donne directement la constante N du champ moléculaire à partir de don-

[1] P. Weiss et H. Kamerlingh Onnes. *Comm. phys. Labor. Leiden.* n° 114, p. 3; 1910.

nées accessibles à l'expérience. Nous verrons, en effet, bientôt comment on détermine C pour une substance ferromagnétique.

§ 5 *Etats correspondants magnétiques.* — Si l'on divise (8) par (9), et si l'on y joint (1), on obtient les deux équations qui déterminent la courbe de variation thermique du magnétisme spontané par l'intermédiaire de la variable auxiliaire a sous la forme :

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} = \coth a - \frac{1}{a} \tag{1}$$

$$\frac{T}{\Theta} = \frac{3}{a}\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} \tag{13}$$

Cette loi est donc la même pour tous les corps, quand on les compare sous des états correspondants, caractérisés par les valeurs de $\frac{T}{\Theta}$ et de $\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}}$.

§ 6 *Vérifications expérimentales.* — La figure 2 porte, outre la courbe théorique tracée en trait plein, les points obtenus expérimentalement pour la magnétite [1]. Dans la plus grande partie de l'intervalle entre le zéro absolu et le point de Curie

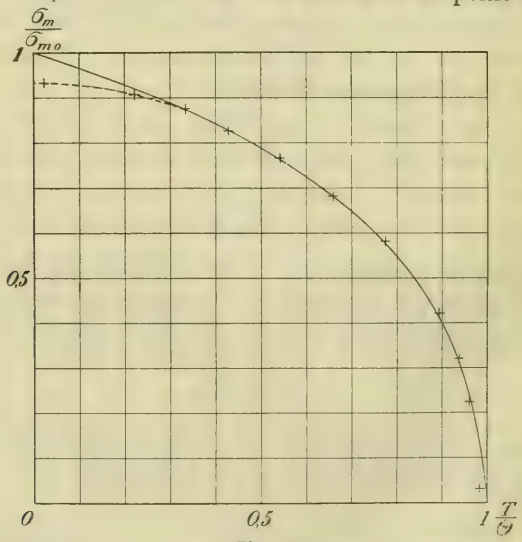


Fig. 2

[1] D'après des mesures provisoires. Des mesures plus précises qui comprendront une étude spéciale du voisinage du point de Curie, sont en voie d'exécution pour cette substance et pour les métaux ferromagnétiques.

l'expérience concorde exactement avec la théorie. Un écart notable se fait sentir pour les deux points aux températures les plus basses, celles de la neige carbonique et de l'hydrogène liquide. Pour la pyrrhotine, on a de même un accord très satisfaisant dans toute la partie de l'intervalle où l'exploration a pu être conduite sans complications provenant de changements d'états faciles à reconnaître ici. L'alliage Fe_2 Ni obéit exactement à la loi théorique dans tout l'intervalle de O à Θ. Par contre, pour le fer, le nickel et le cobalt, la courbe théorique ne représente que grossièrement la physionomie générale du phénomène, l'aimantation croissant moins vite que ne l'indique la théorie quand la température s'abaisse, dans un intervalle beaucoup plus étendu que pour la magnétite.

§ 7. *L'Expression de l'Aimantation des Corps ferromagnétiques en Fonction de la Température et du Champ.* — Supposons que le champ extérieur H_e soit différent de zéro. Le champ total agissant sur la substance est alors :

$$H = H_e + NI \tag{14}$$

Supposons donnée la valeur de $\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}}$, et, par conséquent, au moyen de l'équation (1) celle de a. Appelons T la température correspondant à cette aimantation en l'absence de tout champ extérieur, et T′ celle qui lui correspond quand le champ extérieur est H. L'équation (8) peut s'écrire :

$$aRT = \sigma_{mo}.\sigma_m.N.\frac{D}{m} \tag{8}$$

et, d'une manière analogue (14) donne, avec (2) :

$$aRT' = \sigma_{mo}H_e + \sigma_{mo}\sigma_m N\frac{D}{m} \tag{15}$$

d'où :

$$aR(T'-T) = \sigma_{mo}.H_e \tag{16}$$

Cette équation résout la question. Il faut apporter à la valeur de T que l'on aurait observée si l'aimantation était spontanée une correction T′ — T proportionnelle à H_e et inversement proportionnelle à a.

Quand l'aimantation est très faible. T tend vers Θ et

$$a = 3\frac{\sigma_m}{\sigma_{mo}} \tag{3}$$

d'où :

$$\frac{\sigma_m}{H_e}(T'-\Theta) = \frac{\sigma^2_{mo}}{3R} = C_m$$

à cause de (5), ou, en appelant $\chi_m = \frac{\sigma_m}{H_e}$ le coefficient d'aimantation moléculaire à la température T :

$$\chi_m (T' - \Theta) = C_m \tag{17}$$

Ainsi, tandis que pour un corps purement paramagnétique on forme la constante de Curie en multipliant le coefficient d'aimantation par la température absolue, *on obtient cette même constante pour un corps ferromagnétique en multipliant un coefficient d'aimantation mesuré au-dessus du point de Curie par l'excès de la température d'observation sur celle de ce point.*

Cette relation est intéressante, en outre, parce que la variation linéraire de $1/\chi$ en fonction de la température fournit une manière très simple et très précise de soumettre la théorie au contrôle de l'expérience. J'en ai signalé les vérifications déjà très satisfaisantes qui résultent des observations de Curie, qui, n'étant pas guidé par la théorie, n'avait pas aperçu cette loi. Des vérifications plus nombreuses et plus précises sont contenues dans un travail récent [1]. Aucun des corps ferromagnétiques examinés n'y fait exception. Pour le nickel, la variation linéaire de $1 : \chi_m$ a été observée dans un intervalle de 700°. Pour d'autres corps, on a plusieurs droites correspondant chacune a un état particulier de la matière. Celles-ci se raccordent exceptionnellement entre elles par une région de transition de quelque étendue. Plus souvent, on observe un coude brusque (discontinuité de la dérivée première), quelquefois aussi une discontinuité de la quantité χ elle-même.

§ 8. *Nomenclature.* — M. Osmond a donné au fer à l'état fortement magnétique le nom de fer α. Il en a distingué un fer β, faiblement magnétique, que l'on observe entre la limite d'existence du fer α et la première discontinuité du coefficient d'aimantation à 920°, après quoi le fer est à l'état γ. Puis, on rencontre une deuxième discontinuité de ce coefficient à 1395°. En suivant la même nomenclature, il est naturel d'appeler δ l'état du fer au-dessus de cette température.

On a fréquemment étendu la dénomination α aux autres métaux en lui donnant le même sens ; j'avais pensé que l'on pourrait avantageusement appeler β l'état des divers métaux

[1] P. Weiss et G. Foëx. *Archives des sc. phys. et nat.*, 4e pér., t. XXXI, 1911, pp. 4 et 89.

où le champ extérieur est aidé par le champ moléculaire dans le sens exprimé par la formule 17, et γ l'état purement paramagnétique quand il existe. Mais cela ne va pas sans quelques difficultés : les expériences récentes ont montré que le fer γ n'est pas purement paramagnétique. Dans d'autres cas, on a employé les lettres α, β, γ, pour désigner les états successifs d'un corps dans l'ordre des températures croissantes sans préoccupation de leur signification magnétique.

Il semble donc préférable de réserver la notation d'Osmond au fer et à ceux de ses alliages où la continuité des propriétés avec celles du fer pur exclut toute ambiguité, et de distinguer, pour les métaux magnétiques :

1° le *ferromagnétisme spontané*, du zéro absolu au point de Curie;

2° le ferromagnétisme sollicité par un champ extérieur, ou, plus brièvement, le *ferromagnétisme sollicité*, caractérisé par la formule 17;

3° le paramagnétisme pur, ou simplement le *paramagnétisme* caractérisé par un coefficient d'aimantation inversement proportionnel à la température absolue.

Restent en dehors de cette énumération les cas de *magnétisme faible* observés par du Bois et Honda [1], où le coefficient d'aimantation est constant ou croissant avec la température. Une fois leur nature mieux connue, on pourra trouver facilement une dénomination appropriée.

§ 9. *Chaleur spécifique et Champ moléculaire.* — L'hypothèse du champ moléculaire a permis de reconnaître la véritable nature de l'anomalie thermique au point de Curie, et de calculer sa grandeur. L'accident qui se produit à cette température dans les courbes de refroidissement, n'est pas causé, comme on l'avait pensé, par la libération d'une chaleur de transformation mais consiste dans une discontinuité (un accroissement brusque) de la chaleur spécifique vraie.

Il faut, en effet, pour obtenir la chaleur spécifique d'un corps magnétique, ajouter à ce que serait cette quantité si le corps n'était pas magnétique un terme :

$$c' = \frac{1}{J}\frac{dE}{dt} \tag{18}$$

[1] Du Bois et Honda. *Loc. cit.* — Honda. *Loc. cit.*

où J est l'équivalent, E est l'énergie d'aimantation rapportée à l'unité de masse :

$$E = -\frac{1}{2} H_m \sigma, \tag{19}$$

H_m le champ moléculaire et σ l'aimantation spécifique.

Ce terme peut être déterminé par des expériences purement magnétiques. Il est très petit aux basses températures, croît rapidement dans le voisinage de Θ, et, lorsqu'on atteint cette température, tombe brusquement à zéro. Le phénomène thermique consiste donc en une chaleur de désaimantation dépensée dans tout l'intervalle du zéro absolu à Θ dont la cessation brusque produit la discontinuité.

Sans entrer dans le détail [1], je donne ici le tableau des discontinuités des chaleurs spécifiques et des points de Curie déterminés magnétiquement et calorimétriquement :

Fer

magnétiquement	calorimétriquement
$c'_\Theta = 0.136$	$c'_\Theta = 0.112$
$\Theta = 753 + 273°$	$\Theta = 758 + 273°$

Nickel

$c'_\Theta = 0.025$	$c'_\Theta = 0{,}027$
$\Theta = 376 + 273°$	$\Theta = 376 + 273°$

Magnétite

$c'_\Theta = 0.048$	$c'_\Theta = 0.050$
$\Theta = 588 + 273°$	$\Theta = 580 + 273°$

La concordance de ces nombres est aussi bonne que la difficulté des mesures permettait de l'espérer. Cette comparaison des résultats calorimétriques et magnétiques donne donc à la fois la solution de l'énigme des anomalies des chaleurs spécifiques des corps ferromagnétiques et l'un des appuis les plus solides à la théorie du champ moléculaire.

De ce qu'un dégagement de chaleur considérable apparaît ainsi lié à la manifestation de la propriété ferromagnétique on peut conclure qu'un champ extérieur n'a pas pour effet de produire l'intensité d'aimantation, mais seulement de la coordonner. Autrement son action serait, pour le fer, accompagnée d'une élévation de température de plusieurs centaine de degrés. *C'est donc une preuve indirecte de l'aimantation spontanée dans un champ nul.*

[1] Voir P. Weiss et P.-N. Beck, *J. de Phys.*, 4 s., t. VII, p. 249, 1908.

Le Magnéton

§ 10. *Sur l'Insuffisance de la Théorie et la Nécessité de la généraliser.* — Il est très remarquable qu'à côté des confirmations très frappantes que j'ai indiquées se rencontrent certaines propriétés qu'il est impossible de mettre d'accord avec la théorie dans sa forme actuelle. La plus marquée de ces divergences est donnée par la variation de l'aimantation à saturation du fer, du nickel et du cobalt en fonction de la température qui, loin d'obéir à la loi des états correspondants, a sa physionomie spéciale pour chacune de ces substances [1].

La théorie contenant certainement une grande part de vérité, on ne peut songer à l'abandonner et il semble naturel de chercher à la perfectionner en renonçant en quelque point à la simplicité extrême des hypothèses. Elles se rattachent à trois constantes, dont deux, le moment magnétique de la molécule et la masse de la molécule, appartiennent à la théorie du paramagnétisme de Langevin et caractérisent la molécule elle-même. La troisième est la constante du champ moléculaire N qui exprime les actions mutuelles entre les molécules. J'ai songé d'abord à remplacer N par une fonction du champ et de l'aimantation, mais les tentatives faites dans ce sens ont donné des résultats peu satisfaisants. Il serait étrange, d'ailleurs, que cette quantité fût remarquablement constante pour quelques corps et pour d'autres fortement variable, qu'elle variât, par exemple, ainsi que cela avait semblé être le cas pour le nickel, comme la puissance 2,5 de la température absolue. D'ailleurs, les propriétés au-dessus du point de Curie montrent que si le champ moléculaire est représenté par une courbe et non par une droite en fonction de l'intensité d'aimantation, la tangente à l'origine de cette courbe au moins est indépendante de la température.

Il fallait donc chercher d'un autre côté. Les coudes brusques de la droite représentent $1 : \chi_m$ en fonction de la température au-dessus du point de Curie, dans les expériences sur la magnétite notamment [2], suggèrent l'idée de changements d'état. Ces changements devront affecter la molécule elle-même. S'ils con-

[1] Voir P. Weiss et H. Kamerling Onnes. *Loc. cit.*, p. 3 et 4 et fig. 1.
[2] Voir plus loin fig. 3.

sistent en des polymérisations c'est sa masse qui sera changée; on peut imaginer aussi que son moment magnétique soit modifié, puisque aussi bien par le fait de la combinaison chimique des substances de diamagnétiques deviennent paramagnétiques, et que, par exemple, le fer n'a pas dans la magnétite le même moment moléculaire que dans le métal pur. Pourtant, c'est la variabilité de la masse moléculaire qui m'a paru dabord être le changement le plus plausible, et quand M. Kamerlingh Onnes et moi[1] avons entrepris de déterminer très exactement les moments magnétiques moléculaires par la saturation dans l'hydrogène liquide, c'était avec la pensée de mesurer une quantité particulièrement fondamentale à cause de son invariabilité au moins relative et que si l'expérience montrait que dans les trois métaux les saturations absolues sont dans des rapports simples, la démonstration de ce caractère fondamental serait faite, en même temps que celle de l'existence d'un même mécanisme intraatomique du moment magnétique, présent un nombre entier de fois dans chaque atome.

Expériences aux très basses températures. — Les moments magnétiques de l'atome-gramme et de $^1/_3$ de la molécule-gramme que M. Kamerlingh Onnes et moi avons donnés comme résultats de notre travail sont:

Nickel	3.381
Cobalt	9.650
Fer.....	12.410
Magnétite ..	7.417

et nous en avions conclu à l'absence de rapports simples entre ces quantités. J'avais remarqué, il est vrai, que les nombres du nickel et du fer sont entre eux comme 3 à 11, et peut-être si, au lieu de faire la comparaison sur les nombres bruts, je l'avais faite, après toute correction, sur les nombres définitifs, aurais-je attribué quelque poids à l'extrême exactitude avec laquelle ce rapport est réalisé.

Pour le cobalt, l'expérience à la température ordinaire a déjà été difficile à cause de la dureté magnétique extrême de cette substance. A basse température, l'expérience a été tout à fait

[1] P. Weiss et H. Kamerlingh Onnes. *Loc. cit.*

impossible et le nombre cité plus haut repose sur une simple évaluation, par analogie avec les autres métaux, de l'accroissement relatif entre la température ordinaire et celle de l'hydrogène liquide. La magnétite aussi a donné lieu à des difficultés spéciales d'origine probablement magnétocristalline qui sont mentionnées dans notre travail. L'utilisation de ces deux dernières substances, qui semblait encore possible tant que l'on s'attendait à trouver des nombres comme 1, 2, 3, 4, tout au plus 5, devient tout à fait aléatoire dès qu'on introduit des multiples comme 11 et davantage. Il n'y a plus lieu d'en faire état à ce point de vue particulier.

§ 11. *Grandeur du Magnéton.* — Anticipant sur la démonstration qui résultera des paragraphes suivants, je vais chercher la valeur numérique de la partie aliquote commune aux moments magnétiques moléculaires. M. Kamerlingh Onnes et moi, dans le travail cité, avions reconnu la nécessité d'apporter aux nombres ci-dessus une correction pour la dilatation thermique, mais les coefficients de dilatation aux très basses températures n'étant pas connus, nous ne l'avions pas faite. On peut l'évaluer grossièrement à —4 p. mille. Je fais ici cette correction qui n'altère pas le rapport et je trouve :

Pour le fer	12.360 : 11	= 1123,6
Pour le nickel	3.370 : 3	= 1123,3
	Moyenne	1123,5

J'appelle cette partie aliquote commune aux moments magnétiques des atomes-grammes le *magnéton-gramme*. J'estime qu'il est connu à deux ou trois millièmes près.

En divisant cette quantité par le nombre d'atomes dans l'atome-gramme (nombre d'Avogadro) qui, d'après Perrin (1910), est égal à $68,5 \times 10^{22}$ on obtient :

$$16,40 \times 10^{-22}$$

qui est le moment magnétique de l'aimant élémentaire, du magnéton lui-même.

§ 12. *Expériences sur la Magnétite au-dessus du Point de Curie.* — On a porté dans la *fig. 3* en abscisses les températures et en ordonnées les inverses des coefficients d'aimantation

spécifiques déterminés sur la magnétite au-dessus du point de Curie.[1] Les points observés sont situés visiblement sur quatre droites *a b*, *b c*, *d e*, *e f* dont les deux dernières ont été représentées à deux échelles différentes. On peut en ajouter une cin-

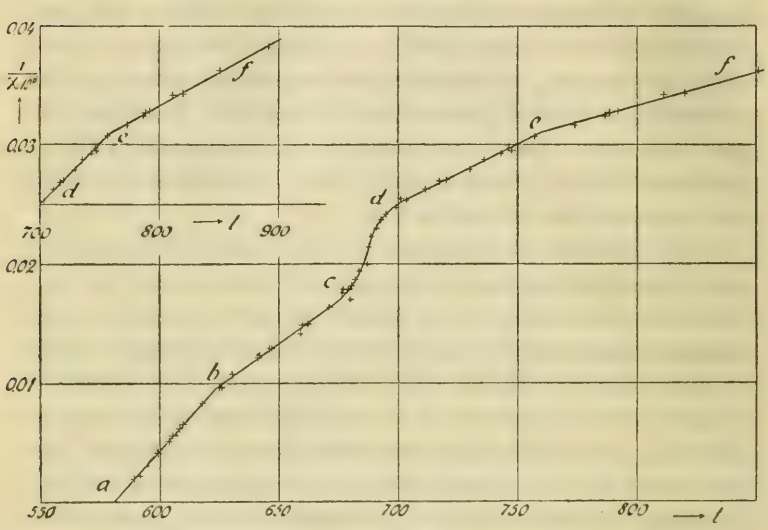


Fig. 3

quième, tirée des expériences de Curie entre 900° et 1350°, qui n'a pas été représentée dans la figure et qui passe par le zéro absolu.

Ces cinq droites représentent cinq états de la magnétite pour chacun desquels l'inverse du coefficient angulaire donne la constante de Curie (équation 17). Cette détermination graphique a été faite indépendamment sur deux dessins différents par les deux observateurs. Je reproduis dans le tableau ci-dessous les nombres trouvés par l'un et par l'autre pour permettre d'apprécier le degré d'approximation que comporte cette opération graphique.

Faisons l'hypothèse qui m'a paru d'abord la plus plausible, à savoir que ces états de la magnétite consistent en des polymérisations variées, les atomes conservant des moments magné-

[1] P. Weiss et G. Foëx, *loc. cit.*

tiques constants, de telle sorte que la saturation spécifique σ_o reste invariable. La formule :

$$C_m = \frac{\sigma^2_{mo}}{2R} \tag{5}$$

que l'on peut écrire au moyen des quantités rapportées à l'unité de masse :

$$C = m\frac{\sigma_0^2}{3R} \tag{5 bis}$$

où m est la masse de la molécule, montre que cette dernière quantité est proportionnelle à la constante de Curie. J'ai porté dans le tableau suivant, aux colonnes m, les valeurs relatives de ces masses moléculaires en posant arbitrairement la première égale à l'unité.

	F		W	
Intervalle	C	m	C	m
581°—622°	0.00444	1	0.00445	1
622°—680°	0.00682	1,532	0.00663	1,49
710°—770°	0.0105	2,36	0.01025	2,30
770°—900°	0.0180	4,05	0.01776	4,00
>900°(Curie)	0.028	6,32	0.028	6,32

Il faudrait donc admettre, en contradiction avec les faits les plus habituels de la chimie, que la polymérisation va en croissant quand la température s'élève. De plus, il est impossible de représenter ces poids moléculaires par des multiples entiers d'une même quantité, sans avoir recours à des nombres élevés, qui sont assez invraisemblables par eux-mêmes, et dont la concordance avec l'expérience serait dénuée de toute valeur démonstrative. Ces difficultés ne feraient que s'aggraver si, en prenant la valeur de σ_{mo} observée, on demandait à l'équation (5), non les rapports des masses moléculaires, mais ces masses elles-mêmes. Mais ce dernier calcul ne peut être fait utilement dans l'état actuel des données sur la magnétite, dont les valeurs *absolues* sont entachées de plusieurs incertitudes.

Si, au contraire, faisant la seconde des hypothèses indiquées plus haut, nous admettons que la molécule a une masse invariable, les équations (5), ou (5 *bis*), montrent que les saturations absolues sont proportionnelles aux racines des constantes de Curie, et l'on obtient les valeurs relatives inscrites au tableau :

Intervalle	F C	F σ_0	W C	W σ_0	Rapports simples
581°—622°	0.0444	1	0.00445	1	1
622°—680°	0.0682	1,238	0.00663	1,22	1,25
710°—770°	0.0105	1,535	0.01025	1,513	1,5
770°—900°	0.0180	2,013	0.01776	1,995	2
>900°(Curie)	0.028	2,515	0.028	2,515	2,5

Les nombres contenus dans ce tableau ont suggéré, pour la première fois, que la molécule d'une substance déterminée puisse prendre des moments magnétiques ayant entre eux des rapports rationnels. On reconnaît, en effet, sans peine, qu'au degré de précision des expériences, les valeurs de σ_0 sont entre elles comme les nombres de la dernière colonne, ou comme 4 : 5 : 6 : 8 : 10. Les écarts, à partir des rapports simples, ne sont guère plus grands que ceux qui existent entre les valeurs de σ_0 déduites des mêmes expériences par les deux traitements graphiques indépendants. Les droites tracées dans la figure correspondent aux rapports simples, et l'on voit que les expériences ne manifestent aucun écart systématique.

On est donc amené à admettre qu'à certaines températures *le moment magnétique de la molécule de magnétite varie brusquement d'une quantité qui est une fois, ou deux fois, le quart de la plus petite valeur qu'il a dans ces expériences*. Ce moment augmente quand la température s'élève. Le changement se fait entre la première et la deuxième droite d'une part, entre la troisième et la quatrième de l'autre (fig. 3 en *b* et *e*) avec une brusquerie comparable à celle de la fusion d'un corps pur. Entre la deuxième et la troisième droite, il y a, au contraire, une région de transformation *c d*.

§ 13. *Sur la Détermination de la Saturation moléculaire des Corps paramagnétiques dissous.* — Une remarque très simple permet d'étendre considérablement le champ des investigations par la détermination d'un grand nombre de moments magnétiques moléculaires, autrement inaccessibles. Les deux propriétés sur lesquelles repose la solution du problème de dynamique statistique, qui a fourni la loi d'aimantation d'un corps paramagnétique, sont le moment magnétique de la molécule et son agitation thermique. Lorsque le corps est en équilibre thermi-

que, elles appartiennent en quelque sorte toutes deux en propre à chaque molécule qui est déviée individuellement par le champ et s'oppose à cette déviation par sa force vive d'agitation, et cela de la même façon que les molécules voisines soient de même espèce ou que ce soient celles d'un dissolvant magnétiquement indifférent. La formule (1) de Langevin et toutes ses conséquences peuvent donc être transposées sans changement d'un gaz à une solution paramagnétique. Notamment l'équation

$$\sigma_{mo}^2 = 3RC_m \tag{5}$$

qui donne la saturation moléculaire absolue à partir de la constante de Curie moléculaire reste valable. Il suffira donc de mesurer le coefficient d'aimantation d'une semblable solution à une température quelconque. En le multipliant par la température de l'observation, on aura la constante de Curie, et, par suite, σ_{mo}.

Il est nécessaire de préciser ici ce que l'on entend par *la molécule*. Dans le cas de l'oxygène, traité par Langevin, le sens de cette expression n'est pas douteux. C'est un ensemble de deux atomes qui, comme le veut la grandeur de la chaleur spécifique, participe à l'agitation thermique par cinq variables indépendantes, cinq degrés de liberté, dont chacun absorbe la même force vive moyenne. Ces cinq variables sont les trois coordonnées de translation du centre de gravité commun aux deux atomes et les deux coordonnées d'orientation de la droite joignant les deux atomes, qui est aussi, par raison de symétrie, l'axe magnétique de la molécule.

La liaison entre les deux atomes se comporte comme si elle était idéalement rigide, elle n'absorbe aucune force vive d'agitation thermique. On pourrait imaginer une troisième variable d'orientation correspondant à une rotation autour de l'axe magnétique. En fait, cette variable n'est pas opérante pour la molécule d'oxygène qui se comporte, à ce point de vue spécial, comme un bâtonnet sans dimensions transversales, ou comme un corps de révolution idéalement lisse.

Si nous extrayons maintenant de cette description ce qui intervient effectivement dans la théorie du paramagnétisme, nous obtenons la définition : *la molécule magnétique est la quan-*

tité de matière dont l'axe magnétique possède deux degrés de liberté d'orientation. La molécule peut avoir ou ne pas avoir, peu importe, un troisième degré de liberté de rotation autour de cet axe. Elle peut être composée d'un atome magnétique ou de plusieurs atomes magnétiques reliés rigidement entre eux et d'atomes non-magnétiques reliés aux atomes magnétiques, soit rigidement, soit par des articulations. Mais si plusieurs atomes magnétiques sont reliés entre eux par des articulations ayant la mobilité d'un genou de Cardan, chacun d'entre eux doit être considéré comme une molécule nouvelle. Nous supposerons dans la suite que chaque molécule ne contient qu'un atome magnétique, c'est-à-dire que là où la formule chimique en indique plusieurs, ils sont articulés entre eux. Cela paraît, en effet, être le cas général. Dans les rares cas où nous serons amenés à faire une hypothèse différente, nous le dirons explicitement.

§ 14. *Expériences de P. Pascal sur les solutions étendues des sels paramagnétiques.* — M. Pascal, dans un remarquable travail [1], a précisé les idées énoncées déjà par G. Wiedemann en montrant que dans les sels des métaux magnétiques, et notamment dans les sels complexes, les propriétés magnétiques et les propriétés chimiques décelables par les réactifs de l'analyse, s'atténuent et disparaissent en même temps. En examinant les résultats de Pascal, on a l'impression qu'il s'agit non d'une variation continue, mais d'un phénomène qui se produit par étapes. De même dans les mesures des coefficients d'aimantation de Liebknecht et Wills [2] les valeurs trouvées pour les sels de fer se rangent en deux groupes principaux. Les mesures de Pascal se distinguent par la richesse des types chimiques auxquels il s'est adressé. Elles ont l'avantage d'être faites sur des solutions très étendues, à tel point que le diamagnétisme de l'eau l'emporte même sur le paramagnétisme des sels de fer les plus magnétiques. De plus la purification des substances a été faite avec grand soin.

J'ai été amené à me servir accessoirement d'autres résultats obtenus par Pascal [3], dans un deuxième travail, sur le diama-

[1] Pascal. *Ann. Chim. Phys.*, 8 s., t. XVI, p. 531, 1909.
[2] Liebknecht et Wills. *Ann. d. Phys.*, Bd I, p. 178; 1900.
[3] Pascal. *Ann. Chim. Phys.*, 8 s., t. XIX, p. 5; 1910.

gnétisme dans les combinaisons chimiques. Pascal a montré que dans la plupart des cas le diamagnétisme moléculaire d'une combinaison est égale à la somme des diamagnétismes de ses atomes. Dans certains cas, cette loi d'additivité simple demande à être complétée par un terme additionnel représentant le diamagnétisme positif ou négatif d'un genre de liaison déterminé entre les atomes. Ce terme additionnel reste constant pour toutes les liaisons de même espèce.

Il est naturel de supposer que tous les atomes diamagnétiques conservent leur diamagnétisme dans les combinaisons avec les atomes magnétiques, et d'en faire la correction de façon à dégager le phénomène magnétique pur. J'ai utilisé à cet effet les coefficients d'aimantation atomiques et moléculaires suivants, empruntés la plupart à Pascal :

	$-10^6\chi_a$		$-10^6\chi_a$		$-10^6\chi_m$
H	3,05	Fl	12 (?)	SO_4	38.5
C	6,25	Cl	21	NO_3	19.0
O	4,8	Br	32	NH_3	15.0
S	15,6	I	46,5	CN	11.25
Se	24	Na	4 (?)	H_2O	13.5
Te	39	K	11 (?)		
		Hg	35		

Il reste dans cette correction l'incertitude provenant de l'ignorance d'un des termes additifs possibles caractéristiques de la nature des liaisons.

Il semble que cette correction régularise les résultats, notamment quand le paramagnétisme n'est pas très fort. Je ne me suis pas astreint à rechercher d'une manière plus précise dans la physionomie des nombres obtenus une justification de cette manière de faire : en omettant complètement cette correction on n'eût pas changé les conclusions.

On peut se demander s'il n'y aurait pas lieu de faire pour les atomes magnétiques eux-mêmes la correction d'un diamagnétisme sous-jacent, et si l'on adopte les idées théoriques de Langevin sur l'origine du para- et du diamagnétisme cela est évident. Mais là les données nécessaires font entièrement défaut. On pourra se les procurer par des mesures nouvelles, d'ailleurs assez délicates, soit en s'appuyant sur les propriétés exprimées

par les rapports rationnels que nous sommes en train d'établir et par l'étude spéciale de composés très faiblement magnétiques, soit en séparant, par l'étude de la variation thermique, le paramagnétisme et le diamagnétisme superposés[1].

Anticipant sur la discussion qui suit, je donne ici une figure (fig. 4) qui la résume. C'est une échelle formée de traits équidistants numérotés de 0 à 32 qui représentent les nombres entiers de magnétons. Les traits pleins correspondent aux nombres pairs, les traits pointillés aux nombres impairs. Le tracé de cette échelle a été fait avec le nombre trouvé pour le magnéton par la comparaison des saturations atomiques absolues du fer et du nickel comme il a été dit plus haut. Ces saturations, marquées par des flèches, se trouvent donc par définition sur les traits du diagramme. Les autres points sont des

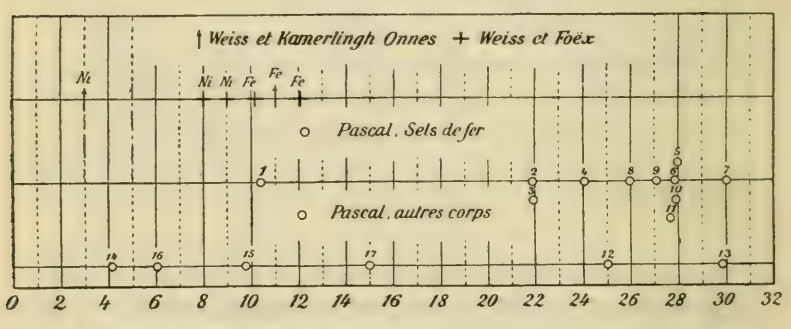


Fig. 4. — 1. Ferricyanure de K et amm. — 2. Pyrophosphate de fer et d'ammonium. — 3. Citrate de fer et d'ammonium. — 4. Ferripyrophosphate de sodium. — 5. Ferrimétaphosphate de sodium. — 6. Chlorure ferrique. — 7. Sulfate ferrique. — 8. Ferrométaphosphate de potassium. — 9. Ferrooxalate de sodium. — 10. Ferropyrophosphate de sodium. — 11. Sulfate ferreux. — 12. Chlorure de cobalt. — 13. Sulfate de manganèse. — 14. Permanganate de potassium. — 15. Sulfate de cuivre. — 16 Sulfate de cuivre ammoniacal. — 17. Sulfate uraneux.

résultats d'expériences indépendantes. Outre les mesures de Pascal, marquées par un petit cercle, et auxquelles se rapporte aussi la légende au-dessous de la figure, celle-ci porte quelques points marqués par une croix qui se rapportent au § 19. La plupart de ces points se placent d'une manière remarquable sur

[1] Cette dernière méthode a été imaginée par Mlle E. Feytis, qui se propose de l'appliquer.

les traits du diagramme ou dans leur voisinage immédiat. Cette figure montre aussi éloquemment que tous les nombres qui suivent que la répartition des points de 1 à 17 ne peut être due au hasard.

Je vais maintenant examiner tous les 27 sels paramagnétiques dissous qui restent, après suppression, dans la série étudiée par Pascal, des quatre corps ne répondant pas à une formule chimique définie, à savoir la liqueur de Fehling et trois solutions colloïdales de sels de fer. Je donnerai dans les tableaux suivants le coefficient d'aimantation moléculaire χ_m emprunté au mémoire de Pascal, la saturation moléculaire absolue σ_{mo} calculée au moyen de ce coefficient, après correction de l'effet des atomes diamagnétiques dans la molécule. Je mettrai en regard l'un de l'autre le nombre de magnétons n, calculé pour ces diverses substances par division de σ_{mo} par 1123,5 et le nombre entier voisin n'. J'ajouterai la colonne $n' - n$ qui montre dans quelle mesure les valeurs observées satisfont à la loi de la rationalité des moments magnétiques moléculaires égaux à des multiples du magnéton, et une dernière colonne qui indique quelle erreur expérimentale, exprimée en p. cent, il faut invoquer pour expliquer les divergences.

Je commence par les 11 sels de fer.

Numéro du graphique	Substance	$\chi_m . 10^6$	σ_{mo}	$n = \frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$	n' nombre entier	$n' - n$	$100 \frac{n'-n}{n'}$
1	Ferricyanure de K et amm.	1.730	11.700	10.41	10	−0.41	−4.15
2	Pyrophosphate ferrique et d'ammonium	7.990	24.600	21.89	22	+0.11	+0.5
3	Citrate ferrique et d'ammonium	8.040	24.680	21.96	22	+0.04	+0.16
4	Ferripyrophosphate de Na.	9.660	27.100	24.04	24	−0.04	−0.15
5	Ferrimétaphosphate de Na .	13.000	31.500	28.03	28	−0.03	−0.1
6	Chlorure ferrique.....	13.100	31.390	27.93	28	+0.07	+0.25
7	Sulfate ferrique.....	15.200	33.800	30.09	30	−0.09	−0.3
8	Ferrométaphosphate de K.	11.300	29.200	25.99	26	+0.01	+0.05
9	Ferrooxalate de Na.....	12.300	30.480	27.11	27	−0.11	−0.47
10	Ferropyrophosphate de Na	13.000	31.370	27.91	28	+0.09	+0.32
11	Sulfate ferreux.....	12.900	31.120	27.69	28	+0.31	+1.1

Sauf pour le premier corps, où elle atteint 6 p. cent, la correction du diamagnétisme du reste de la molécule a été faible, le plus souvent au-dessous de 1 p. cent. Dans toutes les déterminations de la saturation moléculaire au moyen de la constante de Curie, l'influence des erreurs d'expérience, et aussi de l'incertitude de cette correction, est réduite à la moitié par suite de l'extraction de la racine carrée.

Les saturations moléculaires absolues de ces corps, à l'exception du premier et du dernier, sont d'une manière frappante des multiples entiers du magnéton. Il se peut que l'importance relativement grande de la correction du diamagnétisme soit pour quelque chose dans le cas du premier. Quant au sulfate ferreux, il présente, pour une raison inconnue, une divergence exceptionnellement grande avec la valeur donnée par Liebknecht et Wills, dont les mesures sont faites avec la même unité que celles de Pascal. [Eau $\chi = -0.75.10^{-6}$]. D'après ces observateurs, on aurait 27.05 magnétons. Il se peut donc qu'il se soit glissé une erreur dans la mesure de Pascal.

Faisant abstraction de tout renseignement préalable, je vais déduire de ces seules expériences une valeur du magnéton. Les valeurs de σ_m des substances 2 et 3 d'une part, de 5, 6, 10, 11 de l'autre, sont sensiblement égales. Je forme les moyennes. Les cinq valeurs (2, 3), 4, 8, (5, 6, 10, 11), 7, forment une progression arithmétique, comme cela saute aux yeux dans le graphique *fig.* 4. Je calcule par la méthode des moindres carrés la raison de cette progression et je trouve 2256,5. Le terme du milieu 29,200 divisé par cette raison donne 12,95. Elle est donc contenue 13 fois dans ce terme, au degré de précision des expériences, et la progression a un terme nul.

J'utilise maintenant cette dernière propriété pour calculer plus exactement la raison par les moindres carrés, et je donne à toutes les observations ayant contribué à la progression arithmétique des poids égaux. Je trouve ainsi pour la raison : 2244,2. La substance 9 montre que la partie aliquote commune à toutes les saturations moléculaires du fer ne peut être que la moitié :

1122,1

Ce nombre ne diffère que de 1.3 millième de

1123,5

déduit des expériences faites à Leyde sur les métaux eux-mêmes dans l'hydrogène liquide.

Cette concordance dépasse notablement celle que l'on pouvait attendre de la précision des expériences. J'ai dit déjà que j'estime à deux ou trois millièmes l'erreur possible sur la saturation absolue des métaux. On ne peut actuellement affirmer que la valeur du coefficient d'aimantation de l'eau $-0{,}75.10^{-6}$ soit exacte à 1 p. cent près. Curie donnait encore, il n'y a pas longtemps, pour cette constante -79.10^{-6}, soit une valeur plus élevée de 5 p. cent. Il y a donc dans la précision extrême de la concordance trouvée ci-dessus une part de hasard. Mais on peut penser qu'il en résulte indirectement que $-0.75.10^{-6}$ ne doit pas s'écarter beaucoup de la valeur exacte.

Mesures de Pascal sur les corps autres que le fer

Numéro du graphique	Substance	$\chi_m.10^6$	σ_{mo}	$n=\frac{\sigma_{mo}}{1123{,}5}$	n' nombre entier	$n'-n$	$100\frac{n'-n}{n'}$
	Cobalt						
12	$CoCl_2$	10.560	28.180	25.08	25	−0.08	−0.32
—	Chlorure ammoniacal	10.590	28.330	25.22	25	−0.22	−0.88
—	Pyrophosphate double	10.260	27.910	24.85	25	+0.15	+0.60
	Manganèse						
13	SO_4Mn	15.000	33.560	29.87	30	+0.13	+0.43
—	Pyrophosphate double	13.380	31.830	28.33	28	−0.33	−1.2
14	Permanganate de potassium	225	4.620	4.11	4	−0.11	−2.7

Pour 4 des 6 corps figurant dans ce tableau, l'accord avec la théorie est satisfaisant. Pour les deux autres, le chlorure ammoniacal de cobalt et le pyrophosphate double de manganèse, la divergence d'avec le nombre entier de magnétons est assez forte, sans toutefois que l'erreur expérimentale qui l'expliquerait soit grande. L'écart très considérable entre les nombres de magnétons du sulfate de manganèse et du permanganate, deux corps de fonctions chimiques aussi différentes que possible, est remarquable. Pour ce dernier corps, la vérification est bonne, malgré une différence assez forte en valeur relative (dernière colonne)

entre le nombre calculé et le nombre observé. Cela tient à la petitesse du nombre des magnétons.

Les valeurs trouvées pour les deux sels de chrome et consignés dans le tableau suivant ne sont pas des multiples entiers du magnéton. Par contre, quatre sels de chrome, dont les deux premiers des aluns, mesurés par Liebknecht et Wills, donnent : 18,66 ; 19,16 ; 18,80; 19,08 magnétons, dont la

Numéro du graphique	Substance	$\chi_m.10^6$	σ_{mo}	$n=\frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$	n' nombre entier	$n'-n$	$100\frac{n'-n}{n'}$
			Chrome				
—	Alun violet.....	6290	21.850	19.45	19	−0.45	−2.4
—	Alun vert.....	6160	21.630	19.25	19	−0.25	−1.3
			Cuivre				
15	Sulfate de cuivre.....	1570	10.970	9.78	10	+0.22	2.2
16	Sulfate ammoniacal.....	504	6.780	6.03	6	−0.03	0.5
—	Sulfate glyceriné.....	504	—	—	—	—	—

moyenne est : 18,92. Il semble donc bien que le nombre exact soit 19 et qu'il y ait eu un accident dans ces deux mesures de Pascal.

Pour le sulfate de cuivre, l'accord est médiocre. Liebknecht et Wills ont trouvé pour les quatre sels cuivriques des coefficients d'aimantation qui donnent : 11,08, 10,89, 11,04, 10,98, c'est-à-dire 11 avec toute la précision désirable. Pour le sulfate glycériné, la correction du diamagnétisme n'a pas été faite faute de la connaissance exacte de la formule chimique. Mais le nombre brut étant le même que celui du sulfate ammoniacal, on peut estimer qu'ils sont d'accord, l'un et l'autre, avec la loi des nombres entiers.

On rencontre ensuite dans la série des substances examinées par Pascal un corps extrêmement curieux, l'iodomercurate de potassium $K_2 H_g I_4$ dont les trois éléments constituants diamagnétiques forment un composé paramagnétique. On peut ici faire la correction du diamagnétisme pour tous les atomes. On a, en calculant comme précédemment :

$\chi_m.10^6$	Correction du diamagnétisme	$\chi_m.10^6$ corrigé	σ_{mo}	n	n'	$n'-n$	$100\frac{n'-n}{n'}$
	K^2 22.10^{-6}						
1084	Hg 35	1327	9970	8,88	9	+0,12	+1,3
	I_4 186						

donc un nombre entier.

Numéro du graphique	Substance	$\chi_m.10^6$	σ_{mo}	$n=\frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$	n' nombre entiers	$n'-n$	$100\frac{n'-n}{n'}$
			Uranium				
17	$(SO_4)_2$ U	3240	15.760	14.03	14	−0.03	−0.21
			Vanadium				
	VCl_2.....	1390	10.350	9.21	9	−0.21	−2.3
	$^1/_2$ $(SO_4)^2V^2O^3$..	1150	9.455	8.41	?		
	VCl_4.....	622	7.470	6.65	?		

L'accord pour l'uranium est excellent, pour le premier composé de vanadium il est médiocre. Il est meilleur avec le nombre donné par du Bois (Rapp. Congr. int. 1900) d'après Stephan Meyer : $n = 9,08$. Les deux derniers composés du vanadium sont en désaccord complet avec la théorie.

En résumé sur les 27 corps mesurés par Pascal le ferrocyanure de potassium et les deux derniers sels de vanadium sont en désaccord formel avec la théorie, l'accord est médiocre sans qu'il soit nécessaire pour l'expliquer d'invoquer des erreurs d'expériences beaucoup plus grandes que celles qui sont dans les limites indiquées par Pascal (2 pour cent sur χ_m, donc 1 pour cent sur σ_{mo}) pour le sulfate ferreux, le chlorure ammoniacal de cobalt, le pyrophosphate double de manganèse, les deux aluns de chrome, le sulfate de cuivre et le chlorure VCl_2. Restent donc 17 corps pour lesquels l'accord est excellent.

On peut considérer comme démontré par cette série d'expérience que la partie aliquote commune aux saturations atomiques du fer et du nickel à l'état métallique existe dans l'atome de fer, de cobalt, de manganèse, de cuivre, de mercure et d'uranium.

§ 15. *Expériences de Liebknecht et Wills.* — Nous avons fait usage, à plusieurs reprises, au cours de cette discussion de résultats obtenus par Liebknecht et Wills au moyen de la méthode très précise, imaginée par du Bois, des solutions non magnétiques dans lesquelles le paramagnétisme du sel dissous compense exactement le diamagnétisme de l'eau. Lorsque cette propriété est constatée par une méthode de zéro, qui peut être très sensible, la mesure se réduit à un dosage. L'usage partiel d'une semblable série d'expérience ne peut, bien entendu, constituer une preuve de l'existence du magnéton, laquelle ne peut résulter que de l'examen des séries complètes. Mais il peut fournir des indications utiles pour interpréter des points de détail et servir par exemple, à faire entrer le chrome et le vanadium parmi les corps dans lesquels l'existence du magnéton semble démontrée. Dans le même ordre d'idées nous empruntons encore à ces observateurs leurs observations sur 6 sels de nickel : $Ni\,F_2$, $Ni\,Cl_2$, $Ni\,Br_2$, $Ni\,I_2$, $Ni\,SO_4$, $Ni\,(NO_3)_2$ qui forment un groupe très compact avec 16,06 ; 16,11 ; 16,06 ; 16,01 ; 15,89 ; 16,02 ; magnétons, c'est-à-dire avec une grande exactitude 16. Le nickel entre donc à son tour dans le groupe pour lequel la preuve est faite.

Pour une notable partie des autres mesures de Liebknecht et Wills l'accord à la fois avec les mesures de Pascal et avec la lois des nombres entiers est médiocre. Cela tient peut-être à ce que les solutions employées par ces observateurs sont plus concentrées, et l'on sait, par les expériences de Kœnigsberger et de Meslin que le paramagnétisme des solutions varie avec la concentration pour tendre vers une limite déterminée pour les grandes dilutions. Ce sont là des phénomènes encore peu connus dont l'ionisation ne paraît pas être le seul facteur ni même le facteur prépondérant. Il n'est pas impossible que les corps riches en fonctions chimiques de degrés différents soient particulièrement sensibles à la concentration.

§ 16. *Le Magnéton dans les combinaisons chimiques solides.* — Si l'extension de la théorie des gaz paramagnétiques aux solutions ne souffrait aucune difficulté, il n'en est plus de même, à première vue, pour les solides paramagnétiques. La généralisation embrassant ces corps revient à faire sur la mobi-

lité de la molécule une hypothèse analogue à celle que j'ai faite comme complément à celle du champ moléculaire. Mais si l'on considère d'abord les corps *amorphes* on sera conduit à penser que ce qui les distingue des gaz et des solutions c'est non l'impossibilité de la rotation mais la rareté relative des instants où l'agitation thermique fournira à une molécule déterminée l'espace nécessaire pour effectuer un mouvement, les molécules étant pendant la plus grande partie du temps bloquées par les molécules voisines. L'état final de l'équilibre statistique serait alors donné par la même loi que pour les gaz, le *temps de relaxation* nécessaire pour y atteindre serait seul plus long quoiqu'encore très court probablement par rapport aux durées mesurables.

Pour les corps *cristallisés* ces propriétés ne sont sans doute pas rigoureusement réalisées. D'ailleurs la liberté des rotations, abstraction faite du champ moléculaire, n'existe pas non plus en toute rigueur dans les métaux magnétiques. Il y a des énergies potentielles de rotation d'importance subordonnée qui se rattachent à leur structure cristalline et dont dérive l'ensemble assez compliqué de phénomènes tels que la susceptibilité initiale et les courbes d'hystérèse qui se manifestent dans les champs faibles. J'en ai esquissé ailleurs [1] une ébauche de théorie. Au point de vue qui nous occupe on peut les négliger pour les métaux ; les mesures de saturation qui seules interviennent emploient des champs où ils ne se manifestent plus. Ce qui suit montre accessoirement que ces énergies potentielles de rotation jouent aussi

Numéro du graphique	Substance sesquioxyde de	$\chi_m . 10^6$	σ_{mo}	$n = \frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$	n' nombre entier	$n' - n$	$100 \frac{n' - n}{n'}$
1	Néodyme.....	5.640	20.250	18.024	18	−0.024	0.13
2	Samarium.....	1.134	9.105	8.015	8	−0.015	0.19
3	Europium.....	5.895	20.700	18.398	18	−0.398	2.21
4	Gadolinium....	29.180	46.063	40.971	41	+0.029	0.07
5	Terbium	43.430	56.160	49.986	50	+0.014	0.03
6	Dysposium	54.200	62.650	55.790	56	+0.210	0.37

[1] P. Weiss. *J. de Phys* 4e s. t. VI p. 661 et suiv. 1907.

en général un rôle subordonné dans le phénomène de la susceptibilité paramagnétique des corps cristallisés.

§ 17. *Expériences d'Urbain sur les terres rares.* — Urbain [1] a déterminé les coefficients d'aimantation de 6 terres rares desquels on déduit les données figurant au tableau ci-dessus.

J'ai admis que les observations se rapportent à la température de 18°.

Sauf pour l'europium sur lequel je reviendrai plus loin, la différence entre le nombre de magnétons trouvé expérimentalement et le nombre entier est attribuable à une très petite erreur expérimentale. Mais pour le dysprosium cette divergence est encore trop grande pour que l'observation ait une valeur démonstrative ; c'est une conséquence du nombre élevé des magnétons. Restent donc les observations 1, 2, 4, 5, pour lesquelles la concordance avec le nombre entier est extrêmement frappante.

On peut encore, sans faire aux connaissances antérieures d'autre emprunt que la suppression de l'europium déduire des seules terres rares une valeur du magnéton. La considération des deux plus petites saturations moléculaires, qui visiblement sont dans le rapport relativement simple de 9 : 4 donne une valeur provisoire d'une partie aliquote qui permet de trouver sans ambiguïté les valeurs n'. Puis, en utilisant les cinq observations, on trouve :

$$1122.7$$

nombre qui ne diffère que de 7 dix millièmes de la valeur

$$1123.5$$

admise jusqu'à présent, c'est-à-dire encore une fois une concordance meilleure que ce que l'exactitude des étalonnements permettait d'espérer.

§ 18. *Expériences de Mademoiselle E. Feytis sur les sels magnétiques solides.* — Mlle E. Feytis a publié [2] des mesures sur un certain nombre de composés des métaux magnétiques à l'état solide. Ces mesures sont rapportées à une solution de nitrate de nickel mesurée en valeur absolue par Weiss et Foëx,

[1] Urbain. *Comptes Rendus*, t. 147, 1908, p. 1286.

[2] E. Feytis. *Comptes Rendus*, t. 152, p. 708, 1911.

à la température de 13°. Les mesures de Mlle Feytis ont donc été calculées comme se rapportant à la même température. En effet, le *rapport* des coefficients d'aimantation de deux corps paramagnétiques ne varie pas avec la température. J'ai supprimé Fe_2O_3 dont on sait par ailleurs qu'il est souvent doué de propriétés ferromagnétiques qu'une observation unique à la température ordinaire ne suffit pas à caractériser et les quelques corps comme $[Cr(NH_3)_6][Co(C_2O_4)_3] + 3H_2O$ qui contiennent deux atomes magnétiques différents. Si l'on calcule ces derniers corps suivant le même schéma que les autres, on obtient la racine carrée de la somme des carrés des nombres de magnétons dans les deux atomes :

$$n = \sqrt{n_1^2 + n_2^2}$$

qui ne peut être un nombre entier. Et la précision des expériences est en général insuffisante actuellement pour qu'il n'y ait qu'un système de valeur n_1, et n_2 qui satisfasse à l'équation ci-dessus au degré d'approximation voulu. Mais il ne serait pas nécessaire, peut-être, d'aller au-delà d'une précision cinq fois plus grande pour pouvoir résoudre, grâce au critérium des nombres entiers, ce problème à deux inconnues au moyen d'une mesure unique.

Substances	$\chi_m . 10^6$	σ_{mo}	$n = \frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$	n' nombre entier	$n' - n$	$100 \frac{n' - n}{n'}$
$FeCl_3$ sublimé	14.650	32.400	28.83	29	+0.17	+0.58
$FeCl_3, 2NH_4Cl, H_2O$	12.830	30.330	26.99	27	+0.01	+0.03
$FeF_3, 3NH_4F$	14.820	32.660	28.94	29	+0.06	+0.46
$FeF_3, 2NH_4F, H_2O$	14.965	32.800	29.19	29	−0.19	−0.64
$FeF_3, 3H_2O$	7.899	23.860	21.23	21	−0.23	−1.10
Acétylacétonate ferrique	10.922	28.150	25.05	25	−0.05	−0.21
$^1/_3$ (Mn_3O_4)	5.730	20.190	17.97	18	+0.03	+0.16
$CrCl_3$	7.027	22.510	20.04	20	−0.04	−0.18
Acétylacétonate cobalteux	7.767	23.730	21.12	21	−0.12	−0.55
$^1/_2$ $[Cr(NH_3)_6][Cr(C_3O_4)_3] + 3H_2O$	14.160	22.650	20.16	20	−0.16	−0.80
$^1/_2$ $[Cr(NH_3)_4(C_2O_4)][Cr(NH_3)_2(C_2O_4)_2 + 3H_2O$	14.160	22.650	20.16	20	−0.16	−0.80

Si les saturations moléculaires étaient distribuées au hasard les nombres de l'avant-dernière colonne varieraient de 0 à 0,5

et leur *moyenne* serait 0,25. Au lieu de cela le plus grand d'entre eux est 0,23 et la moitié environ ne comptent qu'un petit nombre de centièmes. Ces mesures sont donc encore nettement favorables, au degré de leur précision, à l'existence du magnéton.

§ 19. *Métaux ferromagnétiques au-dessus du point de Curie.* — Des mesures récentes, par Weiss et Foëx [1] ont donné un certain nombre de constantes de Curie qui fournissent autant de déterminations de la saturation moléculaire absolue (fig. 4, points marqués d'une croix).

a) Nickel. — Deux constantes de Curie ont été observées, l'une directement dans une intervalle de 700°, l'autre indirectement comme limite des constantes de Curie des ferronickels réversibles variant linéairement en fonction de la teneur. On a :

	C	C_m	σ_{mo}	$n=\frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$	n' nombre entier	$n'-n$	$100\frac{n'-n}{n'}$
Nickel pur directement.....	0.00555	0.3258	9018	8,03	8	−0.03	−0.28
Limite des ferronickels.....	0.00700	0.4109	10.140	9,03	9	−0.03	−0.27

Les ferronickels réversibles sont formés de solutions solides de Ni dans Fe_2 Ni, solubles l'un dans l'autre en toutes proportions. Il est remarquable que dans ces solutions le Ni soit dans un état quelque peu différent de celui du Ni pur. Il y a là, semble-t-il, une indication d'une influence du milieu ayant un retentissement sur la structure intime de l'atome.

Le nombre des magnétons (8) du nickel pur aux hautes températures est très différent de leur nombre (3) à la température de l'hydrogène liquide. Il est exactement la moitié de celui (16) des sels de nickel en solution.

b) Fer. — Comme Curie l'avait remarqué, le coefficient d'aimantation du fer varie brusquement d'une quantité finie au passage du fer β au fer γ, et du fer γ au fer δ. La région β se décompose en deux β_1 et β_2, dont chacune a sa constante de Curie. Dans la région γ on trouve une nouvelle constante de

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, 4e pér., t. XXXI pp. 4 et 89: 1911.

Curie, puis une quatrième dans la région δ ; mais cette dernière qui exige des mesures au-dessus de 1.400° n'est connue que quant à son ordre de grandeur. En conservant l'hypothèse faite jusqu'à présent : deux degrés de liberté de rotation par atome, on trouve :

	Intervalle de température	C	C_m	σ_{mo}	$n=\frac{\sigma_{mo}}{1123,5}$
Fer β_1.....	774°— 828°	0.0395	2.213	23.500	20.92
Fer β_2.....	828°— 920°	0.0273	1.529	19.530	17.38
Fer γ.....	920°—1395°	0.072	4.03	31.730	28.23

Si les nombres de la dernière colonne devaient être entiers il faudrait invoquer des erreurs d'expériences beaucoup plus fortes que pour le nickel étudié dans les mêmes conditions avec le même appareil, et par suite peu vraisemblables. Si l'on admet que plusieurs atomes de fer peuvent être reliés les uns aux autres d'une manière rigide on obtient des résultats différents. Parmi les suppositions possibles j'en ai trouvé une qui satisfait d'une manière remarquable à la condition des nombres entiers de magnétons. Elle consiste à admettre pour le fer β une molécule rigide Fe_3, pour le fer γ une molécule rigide Fe_2 et pour le fer δ une molécule Fe. Cette hypothèse est très plausible. Elle revient à admettre ces polymérisations pour le seul corps qui possède des discontinuités brusques du coefficient d'aimantation qui ont lieu, précisément, aux températures de passage d'une polymérisation à l'autre. Il est démontré d'autre part que la transformation $\beta\gamma$ correspond à l'absorption d'une quantité de chaleur notable ; les propriétés thermiques de la transformation $\gamma\delta$ qui n'est plus très éloignées du point de fusion ne sont pas connues. Enfin la molécule va se simplifiant quand la température s'élève. On trouve dans cette hypothèse :

	C	C_m	σ_{ao} par atome	$n=\frac{\sigma_{ao}}{1123,5}$	n' nombre entier	$n'-n$	$100\frac{n'-n}{n'}$
Fer β_1..	0.0395	3×2,213	13.567	12.08	12	−0.08	−0.7
Fer β_2..	0.0273	3×1,529	11.277	10.04	10	−0.04	−0.4
Fer γ..	0.072	2×4,03	22.420	19.95	20	+0.05	+0.25

Cette constitution sera définitivement établie lorsqu'une nouvelle mesure aura confirmé la valeur de la constante de

Curie du fer γ, encore un peu incertaine, et qu'une détermination de celle du fer δ sera venue compléter la démonstration. Mais on voit dès à présent comment le magnéton peut à son tour servir de moyen d'investigation de la structure moléculaire.

Il est possible que l'exception rencontrée plus haut dans le cas de l'europium doive s'expliquer de la même manière: si l'on admet que les deux atomes sont reliés rigidement l'un à l'autre on trouve pour chacun d'eux 13,02 magnétons, ce qui est un nombre entier avec toute la précision désirable.

Il est intéressant de rapprocher pour chacun des deux métaux ces expériences aux hautes températures de celles du voisinage du zéro absolu.

La différence des deux valeurs du moment moléculaire obtenues à haute température pour le nickel, qui est aussi leur commune mesure, ne peut être que la partie aliquote, ou un multiple, des moments magnétiques moléculaires du *nickel*, s'il y en a une. Or, cette différence est: 1123. Elle est contenue exactement trois fois dans la saturation moléculaire du nickel observé à basse température.

Il en est de même pour le fer. Les deux saturations moléculaires trouvées pour les fers β_1 et β_2 sont dans le rapport:

$$\frac{13.427}{11.297} = \frac{5,94}{5}$$

c'est-à-dire aux erreurs d'expériences près 6 : 5. On en déduit pour la partie aliquote des fers β_1 et β_2, ou un de ses multiples:

$$\frac{13.427 + 11.297}{5 + 6} = 2247,6$$

La moitié: 1123,8, est contenue exactement 11 fois dans la saturation moléculaire absolue du fer à basse température.

Ainsi se trouve ôté tout arbitraire dans le choix des nombres entiers 3 et 11 trouvés directement lors de la comparaison des saturations moléculaires des deux métaux à basse température. L'exactitude avec laquelle le rapport 3 : 11 est réalisé, qui pouvait paraître une coïncidence accidentelle parmi le grand nombre de celles que l'on peut imaginer de rechercher sur deux nombres donnés au hasard, prend une valeur démonstrative: à la rigueur on pouvait établir l'existence du magnéton au moyen de ces deux seules catégories de mesures.

§ 20. *Conclusions.* — J'ai déterminé, par l'application de la théorie cinétique du magnétisme aux corps paramagnétiques dissous, aux corps paramagnétiques et ferromagnétiques solides, le moment magnétique de l'atome des métaux ferromagnétiques et d'un grand nombre d'autres atomes pour lesquels il ne semblait pas que l'on dût facilement atteindre cette quantité.

Il s'est présenté cette circonstance très curieuse que le même atome ne possède pas un moment magnétique unique, mais que cette quantité prend un certain nombre de valeurs différentes suivant les conditions de température, de liaison chimique dans lesquels l'atome se trouve. Toutes ces valeurs ont entre elles des rapports rationnels.

On peut donc trouver entre les moments magnétiques atomiques d'un même métal d'abord, une partie aliquote commune. On peut s'assurer ensuite que les parties aliquotes des différents atomes sont toutes les mêmes. Ce sous-multiple commun des moments atomiques a été appelé *Magnéton.*

Si l'on admet, ce qui paraît extrêmement vraisemblable, que ce moment magnétique élémentaire réside dans un substratum matériel qui possédera probablement une masse pesante, on peut dire : Le magnéton est un élément constituant commun à un grand nombre d'atomes magnétiques et sans doute à tous. La démonstration est faite actuellement pour les atomes de : Fe, Ni, Co, Cr, Mn, V, Cu, Hg, U et ceux des métaux des terres rares.

Doit-on s'en tenir aux éléments magnétiques ? le cas de l'oxygène, du cuivre, du mercure qui, suivant qu'ils sont libres, suivant la nature de la combinaison dans laquelle ils sont engagés, sont para- ou diamagnétiques, montre qu'on ne saurait établir une barrière infranchissable.

Mais un rapprochement très curieux avec une partie de la Science en apparence très lointaine, les lois des spectres en séries, plaide fortement en faveur du Magnéton, élément constituant universel de la matière. On sait que W. Ritz [1] a imaginé un mécanisme électromagnétique qui rend compte des séries suivant la loi de Balmer et des lois voisines. Le mécanisme de

[1] W. Ritz. *C. R.* t. 145, 1907, p. 178. — *Ann. d. Phys.* Bd. 25, p. 660; 1908.

Ritz, très séduisant par lui-même, emprunte une grande vraisemblance du fait de l'insuccès sans espoir des tentatives faites dans d'autres voies et notamment de l'impossibilité d'aboutir par les vibrations élastiques. Il consiste pour lapartie qui nous intéresse ici, en bâtonnets de moments magnétiques donnés, identiques entre eux et juxtaposés d'une manière rigide en files linéaires.

Cet organe réalise précisément le moment magnétique à partie aliquote invariable auquel nous sommes arrivés. Or, les spectres en séries existent dans un grand nombre d'atomes le plus souvent diamagnétiques. L'identité de l'élément de Ritz et du Magnéton n'est pas établie, assurément, mais elle semble bien vraisemblable et avec elle leur existence dans tous les atomes.

Quelles vont être maintenant les conséquences de l'acquisition de cette notion nouvelle? Au point de vue de l'histoire magnétique des corps, je n'hésite pas à remplacer dès à présent l'expression: « corps qui n'obéit pas à la théorie » par « corps qui ne conserve pas le même nombre de magnétons dans tout l'intervalle étudié ». La magnétite, la pyrrhotine conservent le même nombre de magnétons dans des intervalles plus étendus que les métaux. Le seul corps qui dans tout l'intervalle du magnétisme fort, de la température de l'air liquide au point de Curie, situé à 600° abs., et dans la plus grande partie de la région du ferromagnétisme sollicité, jusqu'aux températures voisines de 1000° abs., conserve le même nombre de magnétons est l'alliage limite Fe_2 Ni.

Il reste beaucoup de travail expérimental à faire pour classer et décrire les propriétés des ferromagnétiques à nombres de magnétons variables. Mais, avec la nouvelle idée directrice, le problème n'a plus rien de décourageant. Il semble, au contraire, que cette étude doive être particulièrement féconde dans la découverte des lois d'action moléculaire, tant il saute aux yeux que les phénomènes vectoriels du magnétisme sont à la fois d'une plus grande richesse d'aspects et plus maniables que les phénomènes scalaires de la compressibilité, du frottement intérieur qui ont jusqu'ici absorbé beaucoup plus d'efforts.

Puis il faudra poursuivre les manifestations du magnéton

dans chacun des cas simples où il se rencontre, notamment dans ses rapports avec les phénomènes chimiques. Quel rôle les phénomènes magnétiques jouent-ils dans la combinaison chimique? Les forces chimiques sont-elles des attractions d'aimants élémentaires? Les valences sont-elles dans l'un ou l'autre cas assimilables à des magnétons?

La nature de la modification éprouvée par les corps dont le nombre de magnétons varie à une température déterminée, quelquefois avec une brusquerie qui fait penser à un point de fusion, est assez mystérieuse et demande à être étudiée pour elle-même. Ce n'est pas une transformation allotropique au sens ordinaire du mot, puisque le cas de la magnétite montre que la molécule conserve, à travers ces transformations, son architecture générale avec le même nombre de degrés de liberté. Cette modification coûte-t-elle de l'énergie? Y a-t-il d'autres caractères extérieurs qui l'accompagnent? Il n'est possible de donner actuellement réponse à cette dernière question que sur sur un point: la constante du champ moléculaire, qui exprime l'action orientante mutuelle dans les ferromagnétiques, subit une variation en même temps que le nombre des magnétons.

Si l'on imagine, pour un instant, que l'existence de ces petits aimants élémentaires, identiques entre eux et en nombre à la fois grand et variable dans le même atome, soit donnée à priori, on croirait leur démonstration expérimentale entourée des plus grandes difficultés. Les moments magnétiques devraient former des résultantes n'ayant plus aucun rapport simple avec leur grandeur. Il semblerait que l'on dût attendre la possibilité de les saisir de quelque phénomène exceptionnel, comme ceux qui font jaillir l'électron de l'atome.

La facilité avec laquelle ils se manifestent, le caractère exceptionnel des cas où ils échappent à l'observation, sont eux-mêmes l'expression d'une propriété importante. Il est en effet tout à fait stupéfiant que ces aimants élémentaires se placent toujours de façon que leurs moments s'ajoutent algébriquement, c'est-à-dire parallèlement ou même bout à bout. Il est peut-être tout aussi curieux que parmi les mesures existantes si peu suggèrent l'idée de mélanges de molécules de nombres de magnétons différents. Il est probable que des mélanges sembla-

bles existent dans les sels magnétiques en solutions concentrées dont Kœnigsberger et Meslin ont montré qu'ils ont des coefficients d'aimantation variables avec la concentration. On peut se demander si l'égalisation du nombre des magnétons ne serait pas une des conditions de l'équilibre des molécules de même espèce entre elles.

Enfin, on peut dire qu'après l'électron symbolisant les idées nouvelles sur la structure discontinue de l'électricité, le magnéton marque une évolution analogue dans la représentation des phénomènes magnétiques.

LE PLATINE

ET LES

GITES PLATINIFÈRES DE L'OURAL

PAR

L. DUPARC

Professeur à l'Université de Genève

(Suite[1]*)*

DISPOSITION DU PLATINE DANS LA DUNITE

Rarement on a la bonne fortune de pouvoir observer directement le platine dans la dunite en place, aussi, après être parvenu à la conviction qu'au Koswinsky ce métal devait se trouver dans cette roche, j'ai cherché fort longtemps et cependant dans des conditions particulièrement favorables, avant de pouvoir en observer quelques cristaux dans des ségrégations de fer chrômé. C'est à Taguil que l'on paraît avoir trouvé le plus souvent le métal dans la roche en place. Je possède personnellement un morceau de dunite dans lequel on peut voir nettement un petit cristal de platine et j'ai eu l'occasion d'examiner à Taguil même un gros bloc de dunite dans lequel on pouvait observer dans une certaine région, plusieurs cristaux de ce métal. A l'Ecole des Mines de Freiberg, il existe un échantillon semblable, et je pense qu'en cherchant bien on en trouverait encore quelques-uns.

Le platine se rencontre, en effet, dans la dunite sous deux formes à savoir : *cristallisé directement avec l'olivine,* ou, au contraire, *cristallisé avec le fer chromé* et par conséquent, dans les régions où ce minéral constitue des ségrégations dans la dunite. Je pense que cette dernière forme est la plus générale ; en broyant et lavant en effet le fer chrômé trouvé dans

[1] Voir *Archives*, mars 1911, p. 211, avril, p. 322.

les gîtes platinifères, on obtient fréquemment du platine, et l'on sait que les schlichs grossiers et riches en chromite qui restent sur les sluices après le lavage, renferment souvent beaucoup de platine.

Dans la dunite, le platine se rencontre soit en petits cristaux isolés, localisés presque toujours régionalement, soit en amas d'une certaine importance qui, lorsqu'ils sont libérés et roulés dans les cours d'eau, forment des pépites qui sont généralement un peu aplaties. A Taguil, en certains endroits, notamment à Dietkewoï-jam, on a trouvé de grosses quantités de platine à fleur de terre, pour ainsi dire, dans la dunite complètement décomposée. Je possède quelques spécimens de ce platine; il est disposé en amas tout à fait irréguliers, noyés dans une masse grisâtre formée par la dunite décomposée. Quand on les dépouille de cette dunite, on voit leur surface toute hérissée de cristaux.

Dans le fer chromé, les petits cristaux de platine se trouvent disséminés irrégulièrement parmi ceux de chromite et la forme est analogue à la précédente, à cette différence près que la chromite remplace ici l'olivine. En certains endroits, la chromite et le platine se pénètrent mutuellement, et sur de nombreuses pépites notamment, ce platine se présente en quelque sorte en véritable éponge, dans les cryptes de laquelle la chromite s'est logée. Quand le platine devient plus abondant, il forme alors des amas plus ou moins irréguliers et volumineux, qui sont complètement circonscrits par la chromite. Lorsqu'on fait la coupe de l'un de ces amas, on trouve à l'intérieur du platine compact, mais sur les bords, le métal s'associe à la chromite et empâte des octaèdres de ce minéral à l'instar d'un ciment. C'est à Taguil qu'on a observé les plus gros amas de platine compact, ils proviennent sans doute des régions où la dunite est riche en fer chrômé, et ont été retrouvés à l'état de grosses pépites, principalement dans la rivière Martian. L'association du platine à l'or dans les pépites paraît être très rare dans l'Oural, je n'en connais qu'un seul cas, trouvé sur une pépite provenant d'un affluent de l'Iss.

La dunite, si on la considère dans son ensemble et abstraction faite des régions où le métal est gîté, est assez pauvre en platine. A Taguil, des recherches systématiques ont été faites

pour déterminer cette richesse. Sur une centaine de puits dont la dunite extraite a été broyée et le produit du broyage lavé subséquemment, le 65 % n'a donné aucune trace de platine, le 35 % restant a donné une moyenne de 0,98 dolis pour 100 pouds, ce qui rapporte le tout à 0,3 dolis pour 100 pouds. Dans certaines régions où le platine avait été constaté à l'œil dans la roche en place, le broyage d'une tonne environ de matériel extrait a donné en moyenne 3 grammes par tonne. Des essais plus récents faits sur des « schlierens » de fer chrômé, ont donné des résultats beaucoup plus élevés et tels que, si on pouvait localiser une exploitation dans ces derniers seulement, le travail serait payant. Mais, comme je l'ai déjà démontré, aucune loi ne préside à la distribution de ces schlierens dans la dunite, et comme sur tous les affleurements dunitiques le sol est couvert, leur recherche dans un but pratique n'est guère possible.

La composition chimique des platines dunitiques est peu connue ; la bibliographie consultée donne un certain nombre d'analyses de platines mais sans renseignements détaillés sur le gisement, qui est désigné simplement sous le nom de Taguil, de Nijne-Toura, etc., etc. La collection de tous les platines de l'Oural que j'ai récoltés sur place, m'a permis de faire exécuter par un de mes élèves, M. Holtz, une série d'analyses sur du matériel de provenance certaine, dans le but de résoudre plusieurs questions importantes. Les éléments qui entrent dans la composition du platine brut sont, comme l'on sait, le platine, l'osmiure d'iridium, le fer, puis le palladium, le rhodium, l'iridium et le ruthénium. Vu la petite quantité de matière dont on disposait pour les analyses (de 1 à 7 grammes) tous ces corps n'ont pas été dosés, on s'est borné à déterminer dans certains cas les osmiures, le platine, les noirs et le fer, dans d'autres, on a également séparé le cuivre et le palladium (le rhodium, le ruthénium et l'iridium dosés ensemble, seront séparés ultérieurement).

Il s'agissait tout d'abord de savoir si, dans un gisement dunitique, la composition du platine est invariable sur tous les points de celui-ci. Dans ce but, nous avons analysé divers platines récoltés dans les alluvions de lojoks encaissés entièrement dans la dunite, mais en divers points de celles-ci, voici quelques résultats obtenus :

Gisement de Taguil

	Kroutoï-log	Arkhipowsky-log	Solowiewsky-log	Biélogorsky-log
Osmiure d'iridium .... =	1.35	0.57	1.45	2.12
Platine..... =	75.37	76.39	78.99	77.48
Noirs (RhRuJrPdCu).. =	8.04	6.14	5.31	6.35
Fer..... =	14.58	16.60	14.77	14.71

Gisement de l'Iss, Swetli-bor

	Travenis-log	Log N° 6
Osmiure d'iridium .... =	4.41	5.41
Platine..... =	83.19	80.44
Palladium..... =		
Cuivre ..... =	3.00	4.20
Noirs (Rh.RuJr)..... =		
Fer..... =	8.70	9.60

Il est donc évident que, sur un seul et même gisement, on trouve des différences appréciables dans la composition des platines qui proviennent de diverses régions de la dunite; j'ajouterai cependant que partout le platine garde le même caractère, je veux dire par cela que, malgré des oscillations incontestables dans les proportions d'osmiures, de platine, ou de fer, les variations ne sont pas d'un ordre qui fasse, par exemple, de deux de ces platines deux types parfaitement distincts.

Ces variations dans les compositions individuelles des platines se répercutent sur celle du platine trouvé dans les alluvions des grandes rivières, qui réunissent généralement les platines provenant de plusieurs centres distincts dans un même massif; mais, comme on peut s'y attendre, les oscillations constatées sont nécessairement plus petites. C'est ce que montrent clairement les analyses des trois platines des rivières Wissym, Sissym et Tschauch :

	Riv. Wissym	Riv. Sissym	Riv. Tschauch
Osmiure d'iridium .. =	0.71	1.02	0.46
Platine..... =	78.75	70.56	78.63
Palladium..... =	0.15	0.22	0.20
Cuivre ..... =	0.56	0.59	1.66
Noirs (RuRhJr) .... =	3.96	3.40	2.79
Fer..... =	15.67	14.04	15.57

En second lieu, il s'agissait de savoir si les platines de deux gîtes dunitiques primaires voisins sont identiques ou différents. Une première réponse est fournie par l'examen des composi-

tions des platines du Koswinski, l'un provenant du Sosnowsky-Ouwal, l'autre du gîte dunitique de Kitlim (éperon oriental du Koswinsky). La rivière Tilaï réunissant tous les tributaires platinifères du Sosnowsky-Ouwal et celle Kitlim se comportant de même vis-à-vis du gîte primaire de ce nom, il suffisait donc d'analyser les platines provenant des alluvions de ces deux rivières. Les résultats obtenus ont été les suivants :

		Riv. Tilaï	Riv. Kitlim
Osmiure d'iridium ..	=	4.35	0.76
Platine.....	=	78.54	83.54
Palladium.....	=		0.23
Cuivre.....	=	4.48	0.15
Noirs (RoRhJr).....	=		3.63
Fer.....	=	13.07	11.51

On peut constater un résultat analogue sur les platines des lojoks de Swetli-bor, par exemple, et de Wéressowy-Ouwal, qui représentent les deux gîtes primaires de l'Iss.

		Log N° 6. Swetli-bor	Malaïa Prostokischenka Weressowy-ouwal
Osmiure d'iridium	=	5.41	0.47
Platine	=	80.44	80.28
Palladium.....	=		0.23
Cuivre.....	=	4 20	2.23
Noirs.....	=		1.30
Fer	=	9.60	14.69

La troisième question, celle de savoir s'il existe entre les platines des divers gîtes dunitiques de l'Oural des grosses différences, est en partie déjà résolue par la seconde. Présentement, le travail analytique n'est pas encore complet, et j'espère, dans la suite, donner l'analyse des platines de tous les gîtes de l'Oural, néanmoins les résultats du travail sont déjà assez avancés pour pouvoir affirmer qu'il y aura de très grandes différences entre ces platines. Le plus curieux de tous ceux examinés à ce jour est sans contredit celui de la rivière Iow, provenant du gîte du Tilaï-Kanjakowsky, et dont l'analyse est la suivante :

Osmiure d'iridium....	—	20.07
Platine	—	64.65
Noirs.....	—	3.58
Fer.....	—	11.47

LES GITES PLATINIFÈRES DANS LES PYROXÉNITES

J'ai, pendant très longtemps, pensé que seule la dunite était platinifère, car mes recherches sur les autres roches basiques m'avaient toujours montré que celles-ci étaient stériles. Mon attention fut plus tard attirée par M. de Firks sur l'anomalie que présentaient les gisements de la Gussewa et, après un examen détaillé de ceux-ci, j'arrivais à la conviction que, conformément à la manière de voir qui m'avait été exposée par mon distingué collègue et ami, le platine provenait des pyroxénites qui en formaient le gîte primaire. Depuis lors, j'ai eu l'occasion d'étudier plusieurs gisements analogues; ceux-ci, à la vérité, constituent l'exception, et sont jusqu'ici d'une importance très inférieure à ceux qui se trouvent dans la dunite, je les examinerai successivement.

Le Gisement de la Gussewa

La rivière Gussewa est un affluent de la Wyja, qui n'est platinifère, à ce que l'on sait, qu'en aval de son confluent. La Gussewa prend sa source au flanc Est du Katchkanar et coule à peu près de l'Ouest à l'Est; elle ne paraît pas renfermer du platine en quantité appréciable dans la partie supérieure de son cours; par contre ses alluvions deviennent assez riches dès que la rivière traverse la région formée par les petites montagnes qui s'appellent Gussewi-Kamen, situées à l'est du Katchkanar, et dont la hauteur va décroissant de l'Ouest à l'Est. Dans ces Gussewi-Kamen, il existe plusieurs lojoks qui descendent sur la Gussewa et se trouvent situés sur sa rive gauche; les alluvions de tous ces lojoks sont platinifères; les deux principaux s'appellent Kitschnitschisky-lojok et Pestowsky-log, le premier a été excessivement riche en platine.

J'ai parcouru en tous sens et pour ainsi dire pas à pas les Gussewi-Kamen, et ai pu constater qu'ils sont entièrement formés par des pyroxénites à olivine d'un type absolument banal (fig. 12). En général ces roches sont largement cristallisées le pyroxène l'emporte de beaucoup sur l'olivine qui est localisée dans des cryptes. Ce minéral s'altérant plus rapidement que le pyroxène, il n'est pas rare de rencontrer sur les roches

qui ont été exposées aux agents atmosphériques des petites cavités qui résultent de la décomposition et de la disparition de l'olivine. La détermination des propriétés optiques du pyroxène et de l'olivine de ces pyroxénites montrent que ces minéraux sont identiques à ceux des mêmes roches qui circonscrivent les affleurements dunitiques. La magnétite est plutôt rare, et les variétés qui passent à la koswite ne se trouvent qu'exceptionnellement. En certains endroits, ces pyroxénites renferment des ségrégations de magnétite qui y jouent évidemment le même rôle que celles de la chromite dans les dunites. Partout dans les Gussewi-Kamen, les pyroxénites ont le même type, c'est à peine si le grain varie d'un spécimen à l'autre, il est assez généralement plutôt grossier.

Ces pyroxénites sont traversées par une double venue filonienne leucocrate et mélanocrate qui paraît être très abondante, car en certains points, la roche est littéralement criblée par ces filons qui, généralement, sont plutôt minces.

Dans le type mélanocrate, on observe :

1. **Des Gussewites**, qui sont des roches à grain très fin, formées par une association panidiomorphe grenue de petites pyroxènes incolores, de horneblende verte polychroïque, et d'une grande quantité de magnétite.

2. **Des issites à plagioclases**, formés par un réseau de beaux prismes d'amphibole vert-bleuâtre polychroïque du type des sorétites, dans les cryptes et mailles duquel on trouve des grains de plagioclase basique. Ces roches renferment un peu de magnétite en petits grains et quelques cristaux d'apatite. Le type reste absolument mélanocrate et conforme à celui que l'on trouve dans la dunite.

3. **Des véritables serpentines** à structure alvéolaire, entièrement décomposées et serpentinisées, sans traces du minéral générateur de la serpentine, et avec développement de magnétite secondaire abondante.

Dans le type leucocrate :

1. **Des plagiaplites variées**, formées par des plagioclases acides de la série des oligoclases, allant jusqu'aux andésines, voire même aux labradors Ab_1An_1, avec ou sans quartz. Certaines de ces roches ne renferment pas trace de hornblende, d'autres

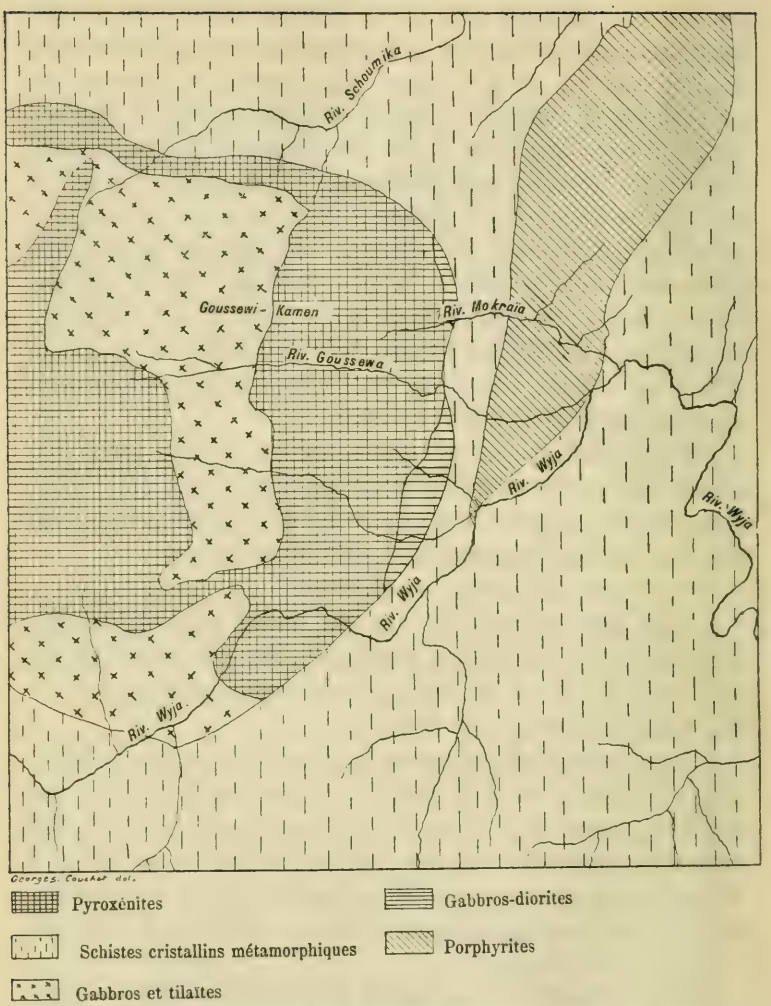


Fig. 12. — Carte géologique des gisements pyroxénitiques de la Gussewa par M. Wyssotsky.

au contraire en renferment quelques cristaux, elle est dans ce cas vert sombre et polychroïque. Certains spécimens s'enrichissent graduellement en hornblende et passent à de véritables diorites. L'origine de cette hornblende n'est pas douteuse; elle provient des pyroxènes arrachés par les filons en cours

d'ascension, et magmatiquement ouralitisés. On trouve en effet des variétés bréchiformes dans lesquelles le filon leucocrate est criblé d'enclaves de fragments de pyroxénite qui, sur la périphérie, sont complètement ouralitisées, de sorte que les blocs anguleux sont circonscrits par une zone d'épaisseur variable où tout le pyroxène est remplacé par de la hornblende. Cet élément se développe également le long de toutes les fissures qui se trouvent dans le bloc de pyroxénite. Souvent aussi lorsqu'un filonnet de ces plagiaplites s'injecte dans les pyroxénites, il développe aux salbandes dans celle-ci une zone de contact sur laquelle tout le pyroxène se transforme en gros cristaux de hornblende.

Les gisements de Barantcha

Le platine a été trouvé depuis fort longtemps déjà dans les environs de Barantcha un peu au Sud de Kouchwa; sauf erreur c'est même là qu'il fut tout d'abord exploité pour la première fois dans l'Oural. On l'avait rencontré dans les alluvions d'une petite rivière appelée Oroulikha, qui se jette dans la Barantcha sur la rive gauche. Il y a cinq ans seulement que l'on découvrit également du platine dans les alluvions d'une série de petites rivières, affluents de sa rive droite, qui toutes descendent d'une montagne importante appelée Sinaïa-Gora. Il y a donc deux centres platinifères distincts que j'examinerai séparément.

Le gisement de Sinaïa-gora. — La montagne de Sinaïa-gora forme une longue crête boisée orientée à peu près Nord-Sud, qui, du côté Nord, s'abaisse assez brusquement et se continue de ce côté par un long éperon, tandis que du côté Sud elle se termine par un épaulement assez large qui forme avec la direction générale de la crête, un angle plus ou moins obtus. Le sommet principal de Sinaïa est rejeté au Nord de la crête, celui qui lui fait suite s'appelle Koudriawaïa, le dernier vers le Sud porte le nom de Tolstaïa-gora. Le flanc oriental de Sinaïa-gora présente dans sa partie médiane une grande dépression en forme de fer à cheval, due à une érosion intense. Cette espèce de cirque limite une vallée peu inclinée et marécageuse appelée Biélemky, encaissée par deux éperons rocheux qui se déta-

chent du flanc de la montagne. Immédiatement au Sud de cette grande dépression se trouve un ravin assez étroit dans la partie basse de la montagne, mais qui s'élargit vers le haut. Le flanc occidental de Sinaïa est sillonné par plusieurs lojoks assez profonds occupés par des petits cours d'eau qui, à l'exception d'un seul, sont des tributaires de la rivière Aktaï. De plus, directement à l'Ouest de Sinaïa et réunie à elle par une selle qui fait ligne de partage, on trouve une nouvelle crête appelée Golaïa-gora. Dans la vallée située entre les extrémités Nord de Sinaïa et de Golaïagora coule une rivière qui est également un affluent de l'Aktaï.

Au point de vue géologique, la Sinaïa-gora est constituée comme suit : La crête et une bonne partie des deux flancs de cette montagne et de Golaïa-gora sont exclusivement formés par des pyroxénites à olivine largement cristallisées, d'un type analogue à celui de la Gussewa. Ces pyroxénites sont circonscrites par des roches gabbroïques plus ou moins leucocrates, presque toujours ouralitisées, qui passent aux gabbros-diorites voire même aux hornblendites. La boutonnière de pyroxénites va en s'élargissant vers le Sud, car c'est certainement à Tolstaïa que ces roches sont le plus développées ; elles arrivent sur le flanc occidental jusqu'au chemin qui longe la Barantcha. Nulle part il n'existe un affleurement de véritable dunite ; par contre ces pyroxénites sont traversées par de nombreux filons, comme à la Gussewa. *Dans le type mélanocrate:* on observe quelques filonnets de *serpentine* noirâtre, très friable, dont la composition chimique s'écarte de celle de la dunite platinifère habituelle. *Dans le type leucocrate:* on observe de nombreux filons généralement étroits de *plagiapites.* Les phénomènes d'empâtement et d'ouralitisation que présentent ces filons sont caractéristiques ; certaines variétés qui ont arraché aux pyroxénites une notable quantité de pyroxène et l'ont transformé en amphibole, se changent en véritables diorites filoniennes. En somme tous les phénomènes observés à la Gussewa se répètent à Barantcha.

Il ne saurait donc y avoir aucun doute à cet égard, le platine ne peut provenir que des pyroxénites, affirmation qui d'ailleurs est corroborée par l'examen de ce platine.

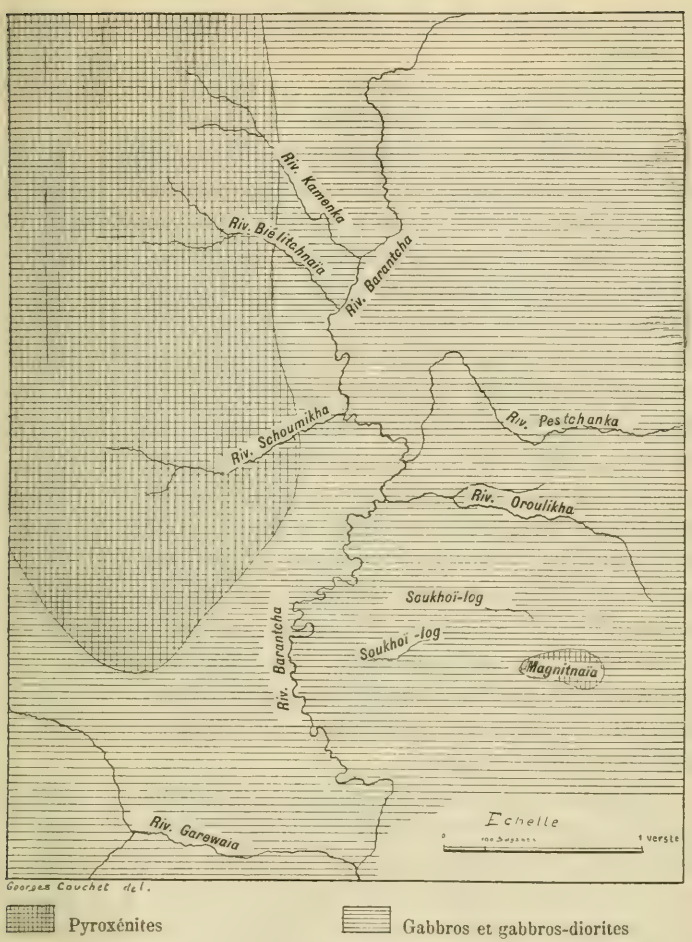


Fig. 13. — Croqnis géologique des gisements de Barantcha.

Les rivières platinifères qui descendent de Sinaïa-gora sont, du Nord au Sud :

1. La *petite rivière Kamenka*, qui coule dans la dépression de Bialemky et se jette dans la Barantcha.

2. La *petite rivière Biélitschnaïa*, qui coule dans la même dépression, et à une faible distance de la précédente dont elle est séparée par un minime accident topographique.

3. La *rivière Schoumikha*, qui coule dans le ravin étroit dont

il a été question, et qui vient immédiatement au Sud de Bialemky.

Les alluvions de la Barantcha qui reçoit toutes ces petites rivières sont également platinifères.

Le gisement de la rive gauche de la Barantcha. — L'origine du platine contenu dans les affluents gauche de la Barantcha est encore assez obscure, malgré les recherches minutieuses dont ce centre platinifère a fait l'objet. La cause en est dans la configuration même de la région. Le pays est en effet très plat et fort couvert par la végétation ; le seul accident topographique manifeste est une crête boisée appelée Magnitnaïa, qui est orientée à peu près Est-Ouest et se termine à deux kilomètres environ de la Barantcha par un petit sommet. Dans toute la région plate et couverte dont j'ai fait mention, il n'existe que de rares affleurements qui sont toujours formés par des gabbros parfois très mélanocrates et riches en olivine, voire même par des roches dioritiques ; les cailloux de l'alluvion tant de fois bouleversée d'Oroulikha sont formés par les mêmes roches. Par contre tout le petit sommet qui termine du côté de l'Ouest la crête de Magnitnaïa et une portion de cette crête elle-même, sont formées par des pyroxénites à olivine auxquelles succèdent des gabbros ordinaires qui forment d'ailleurs la majeure partie de l'arête.

Si l'on prend en considération que tous les cours d'eau platinifères prennent naissance aux flancs ou près de l'extrémité de Magnitnaïa, et si d'autre part on tient compte du fait que nulle part on ne voit affleurer des dunites, on peut à la rigueur admettre que le platine provient des pyroxénites (ou peut-être des gabbros).

Les cours d'eau platinifères qui se trouvent sur la rive gauche de la Barantcha sont :

1. La *rivière Ouroulikha* qui prend sa source près du flanc ouest de Magnitnaïa et qui est je crois, la première rivière de l'Oural sur laquelle la présence du platine ait été constatée.

2. La *rivière Pestchanka*, qui prend sa source un peu au nord de la précédente et qui est considérablement plus pauvre en platine.

3. *Trois petits lojoks secs* (Soukhoï-log), qui se trouvent vis-à-

vis de l'extrémité Ouest de Magnitnaïa et à une faible distance de son flanc oriental.

Le gisement de la Kiédrowka

Ce petit gisement est particulièrement suggestif et fort intéressant. Il se trouve un peu au Sud et légèrement à l'Ouest par rapport à la Sinaïa-gora, et en est distant de 20 à 25 kilomètres environ. Il est situé sur la Taguilskaya-Datcha, propriété de la famille Demidoff. La Kiedrowka est une toute petite rivière qui se jette dans la Biélaya Wyja, sur sa rive droite, et qui s'amorce presque sur la ligne de partage des eaux asiatiques et européennes, ou à une faible distance vers l'Est. Toute la région est entièrement formée par des schistes plus ou moins quartziteux, dans lesquels sont encaissés tous les affluents droits de Bielaïa-Wyja. A priori étant donné la continuation de ces formations qui n'ont jamais été platinifères, le platine trouvé dans les alluvions de Kiédrowka paraissait avoir une origine mystérieuse. Cependant lorsqu'on examine avec détail la région qui avoisine immédiatement la Kiédrowka, l'attention est attirée par un petit mamelon boisé de pins, qui forme un minuscule accident dans la topographie; le mamelon qui s'appelle Sosnowka-gora est entièrement formé par des pyroxénites, qui constituent en quelque sorte un petit îlot qui n'a pas plus de 500 à 600 mètres de grand axe, et qui est complètement circonscrit par les schistes quartziteux. Ces pyroxénites renferment de l'olivine et très peu de magnétite; elles sont largement cristallisées comme celles de la Gussewa avec lesquelles elles sont absolument identiques. Je n'y ai pas constaté la présence de filons leucocrates ou mélanocrates.

La seule rivière platinifère qui provient de ce gisement est la Kiédrowka elle-même dont le cours total mesure à peine trois kilomètres.

Le Gisement de la Kamenka-Obleiskaya

Ce gisement se trouve directement à l'ouest du grand centre platinifère de Taguil. La rivière Obleiskaya-Kamenka coule en effet dans une vallée qui est dominée par des ouwals assez élevés, et qui, du côté de l'Ouest, est séparée du gisement de

Taguil par une double et haute crête qui forme les montagnes d'Ossinowaïa, de Popretschnaïa et de Biélaïa, puis, plus à l'Est, celles de Chirokaya, Klamnouchka et Opaknin. Vers l'Est, le bassin de la Kamenka est limité par la montagne d'Obleï, et par le long ouwal boisé qui s'appelle Jermakof; vers le Sud, il est fermé par la montagne Ostraïa et par une barre qui réunit l'Ostraïa à l'Obleï. La Kamenka est le produit de la réunion de deux rivières, à savoir : la Jégorowka-Kamenka, qui prend sa source au flanc occidental de Klamnouchka, puis l'Obleïskaïa-Kamenka, qui débute au col situé entre l'Obleï et l'Ostraïa, et qui reçoit plusieurs petites sources : la première s'amorce entre Klamnouchka et Opaknin, la seconde, entre Klamnouchka et Chirokaïa, la troisième, entre Chirokaïa et Ostraïa.

La première idée qui vient avant même d'examiner la configuration géologique du bassin de la Kamenka-Obleiskaya, est que le platine que tiennent ses alluvions, aurait pu provenir du centre dunitique voisin, à une époque où la configuration topographique était différente de celle d'aujourd'hui. Il est avéré, en effet, qu'à maintes reprises, certaines rivières de l'Oural ont changé de lit; Martian notamment, coulait jadis plus à l'Est et à un niveau plus élevé qu'aujourd'hui, au pied même de la Bielaïa. Un examen de la topographie actuelle permet d'écarter immédiatement cette supposition; l'Obleiskaya-Kamenka se trouve en effet séparée du centre dunitique par une barrière relativement élevée de gabbros, et d'ailleurs, si le platine d'Obleiskaya-Kamenka n'était pas autochtone, il devrait se rencontrer également dans les alluvions de Jégorowka-Kamenka, ce qui n'est pas. Il en résulte que le platine doit provenir des roches mêmes qui se trouvent dans le bassin de Kamenka-Obleiskaya. Or, presque partout, celles-ci sont des gabbros de types variés, plus ou moinsleucorates ou mélanocrates et généralement ouralitisés. Sur la bordure occidentale notamment, on trouve des gabbros saussuritisés, des gabbros-diorites, et des pseudo-diorites; sur la bordure orientale, à l'Oblei et dans Jermakoff, on rencontre également des roches ouralitisées, mais présentant fréquemment un aspect bréchiforme caractéristique. Des fragments anguleux de roche pyroxénitique qui sont ouralitisés périphériquement, sont réunis par un ciment feldspathique

leucocrate. Les recherches faites sur un petit affluent droit de Kamenka-Obleiskaya ont montré que ses alluvions étaient stériles, le platine doit donc provenir de la rive gauche, soit de l'Ouest et des affluents qui ravinent la crête de roches gabbroïques qui sépare le bassin de Kamenka du lit de la rivière Martian. Or, dans ces gabbros, on trouve en plusieurs points des pyroxénites. Une première zone de ces roches passe à l'ouest de Klamnouchka et d'Opaknin et se termine vers le Sud dans le voisinage de l'une des sources de l'Obleiskaya-Kamenka; une seconde zone (qui n'appartient déjà plus au bassin de la Kamenka) se trouve à l'ouest et au sud-ouest de la montagne de Chirokaya, et se prolonge vers le sud au delà des sources de la Dikaïa-Chaïtanka (rivière qui contient également un peu de platine). J'ai parcouru en détail toute la région du bassin de la Kamenka-Obleiskaya, nulle part je n'y ai trouvé trace de dunites massives ni filoniennes. Il résulte de ce qui vient d'être dit que le platine de la Kamenka ne peut provenir que des gabbros ouralitisés ce qui serait une anomalie remarquable, ou des pyroxénites, ce qui est vraisemblable, bien que les affleurements visibles de ces roches ne soient pas considérables. Je me suis arrêté à cette dernière solution qui n'est peut-être que provisoire. Je reviendrai d'ailleurs un peu plus loin sur ce sujet.

Le Gisement de la rive orientale du lac de Tscherno-Istotschnik

La rivière Kamenka-Obleiskaya se jette dans la partie sud du lac de Tscherno-Istotschnik. L'ouwal de Jermakoff qui l'encaissait vers l'Est se continue, fort au delà de l'embouchure de Kamenka, en une crête plus ou moins accidentée et boisée qui longe la rive orientale du lac, et qui prend alors le nom d'Abramikha. Du flanc occidental de cet ouwal coulent une série de petits ruisseaux qui se jettent dans le lac, et dont le cours total mesure au plus 2 à 2,5 kilomètres de longueur. Les alluvions de toutes ces rivières sont platinifères, et comme là encore il est impossible de ne pas admettre que le platine soit autochtone, il faut en rechercher le gîte primaire dans les roches

mêmes qui forment l'ouwal. Ce dernier a été exploré avec le minutieux détail, j'ai, notamment, remonté chaque cours d'eau et examiné la nature des roches qui affleurent dans le cirque de leur bassin de réception, partout je n'ai rencontré que des roches gabbroïques généralement très leucorates. Sur la crête de l'ouwal, on observe déjà des variétés quasi-granitiques avec du quartz libre. En un seul endroit, j'ai trouvé assez bas, un petit affleurement de roches pyroxénitiques serpentinisées, qui d'ailleurs est situé complètement en dehors des bassins de réception de ces petits cours d'eau. Par contre, sur plusieurs points de l'ouwal, on peut voir que les roches gabbroïques ont une structure absolument bréchiforme et sont formées par des blocs de véritables pyroxénites plus ou moins ouralitisées (du moins à la périphérie), ressoudés par une venue feldspathique leucocrate. Nulle part également il n'existe des roches dunitiques, pas plus massives que filoniennes. Il faut donc admettre que le platine des affluents du lac de Tscherno-Istotschnik provient des gabbros leucocrates acides rencontrées dans l'ouwal. Je ne le crois pas, toutefois, et voici l'explication que je propose : à l'origine, il existait des pyroxénites dans lesquelles le platine se trouvait sous les conditions habituelles. Celles-ci, à l'époque de leur consolidation, ou peut-être beaucoup plus tard, ont été traversées par une énorme venue feldspathique leucocrate qui les a disloquées complètement, et qui, en leur empruntant leur pyroxène, a donné naissance à des roches gabbroïques d'un type relativement acide. En certains endroits cependant le délayage du pyroxène a été incomplet, et les brèches que l'on observe et qui en sont les témoins, permettent d'établir le processus du phénomène.

Les cours d'eau platinifères qui se jettent dans le lac de Tscherno-Istotschnik sont, du Sud au Nord : 1. La *rivière Ipatikha*. 2. La *rivière Borounduka*. 3. La *rivière Lodotschnik*. 4. La *rivière Istoukha*.

DISPOSITION DU PLATINE DANS LES PYROXÉNITES

Dans les pyroxénites, comme dans les dunites, le platine existe sous deux formes, à savoir : 1. *Cristallisé directement avec le pyroxène*. 2. *Associé à la magnétite*. En thèse générale,

il est aussi difficile de trouver du platine dans les pyroxénites en place que dans la dunite ; ce n'est guère que sur quelques grosses pépites sur lesquelles on voit le métal encore associé à la roche mère, que l'on peut se faire une idée de la façon dont il s'y présente. Les plus beaux exemples de platine associé au pyroxène se trouvent sur la Gusséwa ; je possède quelques très belles pépites qui proviennent de la laverie de Walérianowka sur lesquelles on peut voir le platine moulant, à l'instar d'un ciment, des grands cristaux de pyroxène parfaitement frais. Sur d'autres de ces pépites le pyroxène a complètement disparu, et le platine garde les empreintes en creux de chaque cristal qu'on dirait avoir été moulé par une substance plastique. Ces pépites dépouillées de leur diallage ont toujours une forme absolument caractéristique qui diffère beaucoup de celle des pépites du platine dunitique ; elles ont une apparence cloisonnée, et au lieu des formes rondes et pleines habituelles, elles sont tourmentées et caverneuses.

J'ai observé des pépites absolument analogues à celle de la Gousséwa mais beaucoup plus petites, sur la Choumika de Barantcha ; plusieurs d'entre elles conservaient encore du pyroxène ; par contre, sur la Kiédrowka et la Kamenka, je n'ai pas rencontré des pépites semblables, le platine est petit et complètement décortiqué, mais ses formes restent différentes de celles du platine dunitique.

Lorsque le platine est associé à la magnétite, les pépites sont de couleur noire et rappellent comme aspect celles avec le fer chromé, toutefois la magnétite est mate et n'a pas la structure cristalline de la chromite. Elle joue d'ailleurs le même rôle vis-à-vis du platine que cette dernière. J'ai constaté que sur la Gusséwa, cette magnétite donnait fortement la réaction du manganèse. Souvent les deux platines se rencontrent dans la même alluvion, c'est le cas pour la Gusséwa par exemple ; d'autres fois, presque tout le platine, même en petits grains, est entièrement noir et entouré par la magnétite, c'est le cas pour la Kamenka de Barantcha.

Dans les alluvions de la Gusséwa, comme dans celles de la Choumikha, il existe aussi, mais en petite quantité, des pépites de platine généralement de petite dimension qui sont associées

au fer chromé. Ces pépites ont la forme et la disposition de celles que l'on trouve dans la dunite, mais elles paraissent très rares. Je les ai vues dans la Gusséwa même ; par contre, sur ses affluents, au Kitschnitchisky-log, par exemple, elles font défaut, et l'on ne trouve que du platine noir sur gangue de magnétite, ou avec du diallage. Sur la Choumkha ces pépites avec chromite sont très petites et excessivement rares, je ne les ai pas rencontrées sur la Kamenka où tout le platine est noir et sur gangue de magnetite. L'origine de ce platine est encore très problématique ; peut-être faut-il l'attribuer aux filons de dunite serpentinisée qui traversent les pyroxénites, mais qui cependant, me paraissent bien rares, d'autant plus que les véritables dunites filoniennes sont rarement platinifères, comme je l'ai maintes fois constaté.

La composition des platines des pyroxénites paraît, autant qu'il est permis d'en juger sur deux analyses seulement, assez différente de celle des platines dunitiques, comme on peut le voir ci-dessus.

		Riv. Gussewa	Riv. Schoumikha (Barantcha)
Osmiure d'iridium...	=	0.33	0.28
Platine.....	=	88.98	85.05
Palladium.....	=	0.99	0.80
Cuivre	=	0.08	0.03
Noirs (RhRuIr).....	=	3.51	2.98
Fer.....	=	7.03	10.88

Ces échantillons paraissent être beaucoup plus riches en platine que ceux qui proviennent de la dunite, mais renferment remarquablement peu d'osmiure d'iridium ; le fer y est également en quantité plus petite, le cuivre en quantité insignifiante. Il sera intéressant de vérifier si les compositions indiquées se retrouvent sur les platines de Kiédrowka et de Kamenka.

(A suivre)

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1910

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

Raoul GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

(Suite et fin[1]*)*

VII. Nébulosité

La nébulosité s'exprime par les nombre de *zéro* à *dix: zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève,* aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard,* trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois, observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX*, la *nébulosité* et l'état du ciel sont exprimés sous deux formes pour les deux stations: à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts.* Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité se mesure par un certain nombre des onze chiffres qui la représentent: les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux; 6 et 7, aux jours très nuageux; 8, 9 et 10, aux jours couverts.

[1] Voir *Archives,* mars 1911, p. 231; avril, p. 356.

XXX. Nébulosité. 1910.

PÉRIODE	GENÈVE					SAINT-BERNARD				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne
Déc. 1909...	2	1	4	24	8.6	3	5	6	17	7.2
Janv. 1910..	1	5	5	20	7.8	12	3	5	11	5.1
Février.....	3	4	5	16	7.0	6	2	8	12	6.5
Mars	8	7	5	11	5.6	12	3	5	11	5.4
Avril	2	4	6	18	7.3	1	6	4	19	7.8
Mai.....	1	8	5	17	7.1	1	6	7	17	7.4
Juin	4	11	5	10	6.0	7	7	0	16	6.4
Juillet.....	4	6	8	13	6.4	2	9	10	10	6.2
Août.....	7	7	7	10	5.3	12	5	7	7	4.6
Septembre..	3	9	6	12	6.2	5	5	3	17	7.0
Octobre	4	7	8	12	6.5	5	6	6	14	6.5
Novembre ..	1	6	3	20	7.8	4	3	9	14	7.2
Décembre ..	1	3	5	22	8.2	4	6	4	17	7.1
Hiver... ..	6	10	14	60	7.8	21	10	19	40	6.3
Printemps..	11	19	16	46	6.6	14	15	16	47	6.8
Eté	15	24	20	33	5.9	21	21	17	33	5.7
Automne ...	8	22	17	44	6.8	14	14	18	45	6.9
Année mét..	40	75	67	183	6.8	70	60	70	165	6.4
» civile.	39	77	68	181	6.8	71	61	68	165	6.4

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847 à 1875 pour Genève, et de 1846 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

L'année 1909 avait une nébulosité un peu inférieure à la moyenne. Il en est tout autrement de l'année 1910, à Genève comme au Grand Saint-Bernard : l'année très humide a été aussi très nébuleuse. On le voit, à la première inspection du tableau XXX, par le petit nombre de jours clairs et le grand nombre de jours couverts, aux deux stations.

A *Genève,* la grande majorité des mois présentent des écarts positifs, et l'excès de nébulosité a duré d'avril en septembre, avec un maximum en juillet. Les seuls mois qui présentent des écarts négatifs, faibles d'ailleurs, sont janvier, mars, octobre et décembre 1910. Le mois le plus nébuleux a été décembre 1909, le moins nébuleux, août.

XXXI. Écarts de la nébulosité. 1910.

Période	Genève		Saint-Bernard	
	Moyennes 1847-1875	Écarts pour 1910	Moyennes 1846-1867	Écarts pour 1910
Décembre 1909....	8.3	+ 0.3	4.5	+ 2.7
Janvier 1910.....	7.9	- 0.1	5.0	+ 0.1
Février.....	6.7	+ 0.3	5.3	+ 1.2
Mars.....	6.1	- 0.5	5.9	- 0.5
Avril.....	5.8	+ 1.5	6.7	+ 1.1
Mai.....	5.8	+ 1.3	6.9	+ 0.5
Juin.....	5.4	+ 0.6	6.5	- 0.1
Juillet.....	4.4	+ 2.0	5.5	+ 0.7
Août.....	4.7	+ 0.6	5.8	- 1.2
Septembre.....	4.9	+ 1.3	5.8	+ 1.2
Octobre.....	6.9	- 0.4	6.1	+ 0.4
Novembre.....	7.8	0.0	5.4	+ 1.8
Décembre.....	8.3	- 0.1	4.5	+ 2.6
Hiver.....	7.6	+ 0.2	4.9	+ 1.4
Printemps.....	5.9	+ 0.7	6.5	+ 0.3
Eté.....	4.8	+ 1.1	5.9	- 0.2
Automne.....	6.6	+ 0.2	5.8	+ 1.1
Année météorolog..	6.2	+ 0.6	5.8	+ 0.6
Année civile.....	6.2	+ 0.6	5.8	+ 0.6

Au *Grand Saint-Bernard*, l'excédent de nébulosité est aussi fort qu'à Genève, le mois le plus nébuleux est avril et le moins nébuleux août, comme à Genève. Les excédents de nébulosité sont maxima aux deux mois de décembre; et il n'y a que deux mois, mars et août, qui présentent des écarts négatifs.

Le *tableau XXXII* donne, pour *Genève,* le nombre de jours de brouillard observés. Il y en a le même nombre que dans l'année météorologique 1909, soit beaucoup moins que la moyenne de Plantamour (33). Les années humides et les hivers doux ne sont pas favorables à la formation du brouillard à Genève; c'est une légère compensation de leurs autres inconvénients.

VIII. Durée d'insolation

Les deux héliographes installés à l'observatoire ont fonctionné parallèlement toute l'année, comme durant la majeure partie de l'année 1909, et, cette année encore, je publie les résultats obtenus aux deux instruments.

Les deux *tableaux XXXIII* et *XXXIV* fournissent, heure par heure, la *marche diurne de la durée d'insolation* indiquée

XXXII. Brouillard. GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	Brouillard tout le jour	Brouillard une partie de la journée	Nombre total
Décembre 1909	—	—	—
Janvier 1910	—	3	3
Février	—	—	—
Mars	—	1	1
Avril	—	—	—
Mai	—	—	—
Juin	—	—	—
Juillet	—	1	1
Août	—	—	—
Septembre	—	2	2
Octobre	—	5	5
Novembre	—	1	1
Décembre	—	1	1
Année météorolog..	—	13	13
Année civile	—	14	14

par les deux héliographes, aux divers mois, saisons et année 1910, la quatorzième où ces observations se font à Genève. Les deux dernières colonnes des tableaux donnent la durée totale d'insolation et la moyenne diurne pour les différentes périodes de l'année.

Le minimum absolu et relatif tombe, comme c'est le cas général, sur les mois de décembre et de janvier. Le maximum absolu et relatif tombe, cette année, sur le mois d'août qui, moins nébuleux que les deux autres mois de l'été, donne un total d'heures d'insolation légèrement supérieur.

Le total général de l'année, au tableau XXXIII, est très inférieur à la moyenne des dix ans de 1897 à 1906 (1723 heures). Ce n'est pas le minimum absolu : l'année 1897 avait fourni seulement 1548 heures ; mais c'est un peu moins que l'année 1902 qui détenait le deuxième rang jusqu'ici comme faible durée d'insolation.

Seul l'hiver donne un peu plus de soleil que la moyenne ; les autres saisons sont en déficit, l'été surtout, et c'est lui qui détermine surtout le caractère d'une année au point de vue qui nous occupe ici.

Le total général au tableau XXXIV dépasse de 288 heures le total du tableau XXXIII. Cet excédent est relativement moindre qu'en 1909, mais il donne la preuve de la plus grande sensibilité du nouvel héliographe comparé à l'ancien.

De même qu'en 1909, c'est aux premières et aux dernières

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1910 (Ancien héliographe).

PÉRIODE	MATIN							SOIR							Durée d'insolation	Moyenne diurne
	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1909...	—	—	—	2.0	4.2	4.6	7.2	7.5	5.5	4.1	1.2	—	—	—	36.6	1.18
Janv. 1910..	—	—	—	1.8	5.0	5.9	8.7	8.6	9.2	6.6	3.5	—	—	—	49.3	1.59
Février.....	—	—	1.8	6.2	10.6	12.1	12.2	11.7	11.9	11.1	9.3	5.2	—	—	92.1	3.29
Mars.....	—	0.3	5.6	13.1	14.4	15.9	16.1	17.7	18.0	16.1	14.7	12.9	0.7	—	145.5	4.70
Avril.....	0.3	5.1	7.2	11.7	13.8	13.5	12.8	12.2	12.5	10.8	10.8	11.1	7.2	1.5	130.8	4.36
Mai.....	2.1	7.6	9.6	13.8	14.8	17.5	16.6	17.0	15.9	14.8	12.1	9.8	8.0	3.4	163.0	5.26
Juin.....	4.0	13.8	14.5	17.5	19.8	20.7	21.5	20.6	18.1	17.9	15.1	14.6	11.1	5.3	218.1	7.27
Juillet.....	3.7	12.0	15.2	16.4	16.3	17.2	20.7	20.6	19.7	18.7	18.3	11.8	15.2	6.5	215.3	6.95
Août.....	0.8	11.7	16.2	18.9	20.7	19.5	20.6	22.2	21.1	20.5	20.7	16.7	11.4	2.8	223.8	7.22
Septembre..	—	0.2	7.0	12.6	17.5	17.2	19.5	17.7	15.5	17.5	11.1	10.0	1.3	—	150.1	5.00
Octobre	—	—	2.1	5.4	9.9	12.7	13.0	14.6	15.8	17.0	11.9	8.3	1.0	—	114.7	3.70
Novembre ..	—	—	0.2	2.1	5.6	8.8	8.7	10.1	11.9	7.8	6.3	0.1	—	—	61.6	2.05
Décembre...	—	—	—	0.2	2.6	5.8	8.1	7.5	8.7	7.8	3.3	—	—	—	44.0	1.42
Hiver.....	—	—	1.8	10.0	19.8	22.6	28.1	27.8	26.6	22.1	11.0	5.2	—	—	178.0	1.98
Printemps..	2.4	13.0	22.4	38.6	43.0	46.9	45.5	46.9	46.4	41.7	37.6	31.1	15.9	4.9	439.3	4.78
Eté.....	8.5	37.5	45.9	52.8	56.8	57.4	62.8	63.4	59.2	57.1	54.1	46.1	41.0	14.6	657.2	7.15
Automne...	—	0.2	9.3	20.1	33.0	38.7	41.2	42.4	43.2	42.3	35.3	18.4	2.3	—	326.4	3.59
Année mét.	10.9	50.7	79.4	121.5	152.6	165 6	177.6	180.5	175.1	163.2	141.0	103.8	59.2	19.5	1600.9	4.39
Année civ..	10.9	50.7	79.4	119.7	151.0	166.8	178.5	180.5	178.6	166.6	143.1	103.8	59.2	19.5	1608.3	4.41

XXXIV. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1910 (Nouvel héliographe).

PÉRIODE	MATIN								SOIR								Durée d'insolation	Moyenne diurne
	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8		
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Décembre 1909.	—	—	—	—	2.7	5.1	7.1	8.3	8 8	7.3	4.9	2.9	0.6	—	—	—	47.7	1.54
Janvier 1910...	—	—	—	0.3	3.4	6.3	7.5	9.3	10.7	9.9	7.0	5.1	0.3	—	—	—	59.8	1.93
Février.....	—	—	—	4.3	9.2	13.1	13.7	13.9	12.5	13.1	12.3	9.7	7.5	0.4	—	—	109.7	3.92
Mars.....	—	—	2 0	10.6	15.5	16.5	17.7	18.9	19.4	18.4	16.8	15.5	14.3	4.0	—	—	169.6	5.47
Avril.....	—	3.2	7.3	12.2	15 7	14.9	14.1	13.7	12.6	13.7	12.0	12.5	10.8	9.5	4.6	—	156.8	5.23
Mai	0.5	9.1	11.9	11.8	14.7	16.1	19.0	18.1	20.1	17.0	16.4	13.8	11.0	9.9	7.5	1.3	198.2	6.40
Juin.....	4.2	13.3	16.0	16.0	19.9	21.3	23 6	22.4	21.1	19.6	19.2	16.3	15.4	15 3	12.1	4 2	259.9	8.66
Juillet...	1.7	12.9	14.9	17.0	18.3	18.3	19.2	22.7	22.1	21.8	21.2	19.8	16.9	17.1	11.3	2.0	257.2	8.30
Août.....	0.1	7.4	15.1	19.6	21.3	21.8	20.9	22.1	23.2	21.9	21.2	23.3	19.0	15.2	8.4	—	260.5	8 40
Septembre.....	—	—	1.2	9.1	13.6	17 8	19.3	20.2	18.5	16.6	18.6	14.3	11.9	1.9	—	—	163.0	5.43
Octobre..	—	—	—	2.4	6.8	10.6	14.2	14.7	16.7	17.1	18.5	17.3	10.9	0.6	—	—	129.8	4.19
Novembre	—	—	—	0.5	4.9	8.0	9.7	10.5	11.1	12.7	9.7	8.1	1.3	—	—	—	76 5	2 55
Décembre.....	—	—	—	—	2.4	5.0	7.3	9.8	9.4	9.2	10.4	5.4	—	—	—	—	58.9	1.90
Hiver	—	—	—	4.6	15.3	24.5	28.3	31.5	32.0	30.3	24.2	17.7	8.4	0.4	—	—	217.2	2.41
Printemps.....	0.5	12.3	21.2	34.6	45.9	47.5	50.8	50.7	52.1	49.1	45.2	41.8	36.1	23.4	12.1	1.3	524.6	5.70
Eté	6.0	33.6	46.0	52.6	59.5	61.4	63.7	67.2	66.4	63.3	61 6	59.4	51.3	47.6	31.8	6.2	777.6	8.45
Automne	—	—	1.2	12.0	25.3	36.4	43.2	45.4	46.3	46.4	46.8	39.7	24.1	2.5	—	—	369.3	4.06
Année métérol.	6.5	45.9	68.4	103.8	146.0	169.8	186.0	194.8	196.8	189.1	177.8	158.6	119.9	73.9	43.9	7.5	1888.7	5.17
Année civile....	6.5	45.9	68.4	103.8	145.7	169.7	186.2	196.3	197.4	191.0	183.3	161.1	119.3	73.9	43.9	7.5	1899.9	5.20

heures du jour que cette plus grande sensibilité se manifeste surtout, mais on la constate aussi aux autres heures de la journée. En moyenne, le nouvel héliographe fournit presque 0 h. 8 de plus de soleil par jour que l'ancien. En 1909 c'était près de 1 h. par jour.

XXXV. Durée d'insolation avant et après midi. GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	MATIN Nombre d'heures		SOIR Nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin nombre d'heures		DIFFÉRENCE Soir — Matin %	
	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.	Anc. H.	Nouv. H.
Décembre 1909	18.0	23.2	18.6	24.5	+ 0.6	+ 1.3	+ 1.6	+ 2.7
Janvier 1910..	21.4	26.8	27.9	33.0	+ 6.5	+ 6.2	+13.2	+10.4
Février	42.9	54.2	49.2	55.5	+ 6.3	+ 1.3	+ 6.8	+ 1.2
Mars.....	65.4	81.2	80.1	88.4	+14.7	+ 7.2	+10.1	+ 4.2
Avril	64.4	81.1	66.4	75.7	+ 2.0	- 5.4	+ 1.5	- 3.4
Mai	82.0	101.2	81.0	97.0	- 1.0	- 4.2	- 0.6	- 2.1
Juin	111.8	136.7	106.3	123.2	- 5.5	-13.5	- 2.5	- 5.2
Juillet	101.5	125.0	113.8	132.2	+12.3	+ 7.2	+ 5.7	+ 2.8
Août	108.4	128.3	115.4	132.2	+ 7.0	+ 3.9	+ 3.1	+ 1.5
Septembre	74.0	81.2	76.1	81.8	+ 2.1	+ 0.6	+ 1.4	+ 0.4
Octobre	43.1	48.7	71.6	81.1	+28.5	+32.4	+24.8	+25.0
Novembre	25.4	33.6	36.2	42.9	+10.8	+ 9.3	+17.5	+12.2
Décembre.....	16.7	24.5	27.3	34.4	+10.6	+ 9.9	+24.1	+16.8
Hiver	82.3	104.2	95.7	113.0	+13.4	+ 8.8	+ 7.5	+ 4.1
Printemps	211.8	263.5	227.5	261.1	+15.7	- 2.4	+ 3.6	- 0.4
Eté	321.7	390.0	335.5	387.6	+13.8	- 2.4	+ 2.1	- 0.3
Automne	142.5	163.5	183.9	205.8	+41.4	+42.3	+12.7	+11.4
Année mét....	758.3	921.2	842.6	967.5	+84.3	+46.3	+ 5.3	+ 2.5
Année civile ..	757.0	922.5	851.3	977.4	+94.3	+54.9	+ 5.9	+ 2.9

Le *tableau XXXV* est destiné à faire ressortir la différence entre la durée d'insolation du matin et celle de l'après-midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire *vrai*, les durées devraient être égales théoriquement, mais en pratique elles sont différentes. Le tableau les donne pour les deux héliographes, et il donne aussi la différence *soir—matin* de deux façons, en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

L'excédent d'insolation du soir par rapport au matin est maximum en hiver et en automne; il est faible au printemps et en été; et pour le nouvel héliographe, il y a même un excédent d'heures de soleil le matin dans ces deux saisons-là. Cela prouve

que l'instrument nouveau est sensiblement plus vite accessible aux rayons du soleil levant que l'ancien. Cela ressort, du reste, aussi, de l'inspection des tableaux XXXIII et XXIV. En hiver et en automne l'excédent est aussi moindre au nouveau qu'à l'ancien; cela s'explique par la même raison et aussi par ce fait que, pendant les mois d'hiver, le nouveau musée empêche les rayons du soleil couchant de tomber sur nos appareils, et le déficit est naturellement plus fort pour le nouvel instrument qui est plus sensible.

XXXVI. Comparaison de la durée de la non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1910.

PÉRIODE	Durée théorique d'insolation t	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$ Héliographe ancien	Rapport Héliographe nouveau	Nébulosité moyenne	Différence Héliographe ancien	Différence Héliographe nouveau
	h					
Décembre 1909	270	8.6	8.2	8.6	0.0	- 0.4
Janvier 1910 .	282	8.3	7.9	7.8	+ 0.5	+ 0.1
Février	291	6.8	6.2	7.0	- 0.2	- 0.8
Mars	371	6.1	5.4	5.6	+ 0.5	- 0.2
Avril	408	6.8	6.2	7.3	- 0.5	- 1.1
Mai	465	6.5	5.7	7.1	- 0.6	- 1.4
Juin	471	5.4	4.5	6.0	- 0.6	- 1.5
Juillet	475	5.5	4.6	6.4	- 0.9	- 1.8
Août	437	4.9	4.0	5.3	- 0.4	- 1.3
Septembre ...	375	6.0	5.7	6.2	- 0.2	- 0.5
Octobre	338	6.6	6.2	6.5	+ 0.1	- 0.3
Novembre	284	7.8	7.3	7.8	0.0	- 0.5
Décembre	270	8.4	7.8	8.2	+ 0.2	- 0.4
Hiver	843	7.9	7.4	7.8	+ 0.1	- 0.4
Printemps	1244	6.5	5.8	6.6	- 0 1	- 0.8
Eté	1383	5.2	4.4	5.9	- 0.7	- 1.5
Automne	997	6.7	6.3	6.8	- 0.1	- 0.5
Année mét ...	4467	6.4	5.8	6.8	- 0.4	- 1.0
Année civile ..	4467	6.4	5.8	6.8	- 0.4	- 1.0

Le *tableau XXXVI* a été constitué, comme les années précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller [1], qui avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est, à peu de choses près, égale au rapport entre les heures de non-

[1] *Archives*, 1889, t. XXI, p. 404.

insolation ($t—i$) et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

Les colonnes du tableau XXXVI s'expliquent ainsi facilement. Le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix, afin d'être rendu comparable à la nébulosité moyenne de chaque période, dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXX.

Cette année, comme en 1909, ce tableau a du reste été établi sur les chiffres fournis par les deux héliographes. La relation de Billwiller correspond, dans une certaine mesure, aux indications fournies par l'ancien appareil; mais elle ne correspond pas mieux qu'en 1909 à celles que donne le nouveau.

L'enregistreur d'insolation du château du Crest, à Jussy, dont M. Jules Micheli veut bien nous communiquer régulièrement les résultats d'observation, a fourni, en 1910, les durées d'insolation du *tableau XXXVII.*

XXXVII. Durée d'insolation a Jussy, 1910.

		h.		h.
Décembre	1909	27.9	Juin 1910	212.3
Janvier	1910	43.0	Juillet	212.3
Février		93.7	Août	220.0
Mars		154.7	Septembre	150.6
Avril		128.2	Octobre	118.6
Mai		166.5	Novembre	53.9
			Décembre	43.9
Hiver		164.6	Eté	644.6
Printemps		449.4	Automne	323.1
Année météor.		1581.7	Année civ.	1597.7

Cette année encore, le total d'insolation de Jussy est un peu inférieur à celui de Genève, pris naturellement au tableau XXXIII (ancien héliographe). Il y a quelques mois pour lesquels l'insolation a été plus longue à Jussy, mais c'est la minorité; ce sont : février, mars, mai, septembre et octobre. Pour les autres mois, l'observatoire a fourni davantage; et, au total, on trouve 19 heures de plus à Genève dans l'année météorologique, et 11 heures de plus dans l'année civile.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Décembre 1910, janvier et février 1911

(HIVER 1911)

OBSERVATIONS DIVERSES

Décembre 1910

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* le 17 à Savatan ; les 7 et 31 à Dailly ; les 2, 7, 14, 16, 17, 19, 26 et 31 à l'Aiguille.

Neige sur le sol les : 27, 28 et 31 à Lavey : du 26 au 31 à Savatan ; du 1 au 4, le 15, et du 18 au 31 à Dailly et à l'Aiguille.

Fœhn : les 5, 6 et 13 aux quatre stations, le 8 aux trois stations inférieures.

Janvier 1911

Brouillard. — I. *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 21 et 29 à Lavey ; les 22 et 30 à Savatan ; les 2, 10, 25 et 30 à Dailly ; les 2, 10 et 14 à l'Aiguille. — II. *Brouillard pendant tout le jour :* le 24 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol pendant tout le mois aux quatre stations.

Février 1911

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée :* les 13 et 14 à Savatan ; les 5, 6, 13 et 14 à Dailly ; le 13 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : du 13 au 16 à Lavey ; du 1 au 13 et du 18 au 24 à Savatan ; du 1 au 4 et du 13 au 27 à Dailly et à l'Aiguille.

MOIS DE DÉCEMBRE 1910

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	698.9	653.0	+ 5.6	+ 3.3	84	78	7	9	9	....	....	1.6	...	1.2	....	0.4	....
2	701.0	654.6	5.3	2.0	91	99	9	8	6	....	....	....	....	....	....	....	....
3	701.1	654 5	3.9	4.0	83	33	8	9	9	....	....	....	....	....	....	....	....
4	697.6	652 2	3.5	5.6	92	31	5	6	4	....	....	...	....	....	....	....	....
5	695.3	649.9	4.9	8.2	55	19	7	9	7	....	....	....	....	...	....	....	....
6	692.4	647.8	10.4	**8.3**	51	32	7	7	7	....	....	....	....	...	....	....	....
7	698.4	651.8	6.0	2.7	82	84	8	8	6	....	....	...	....	0.1	....	0.2	....
8	691.2	646.9	**10.5**	6.6	**33**	25	7	6	5	4 3	....	3.2	....	4.1	....	4.5	....
9	693 1	646.3	4.4	2.3	97	99	7	7	5	....	....	4.1	....	2.5	....	2.5	...
10	**689.3**	645.2	6.4	5.3	51	25	7	8	7	....	....	....	....	....	....	....	....
11	692.1	647 7	8.9	4.6	60	45	6	8	7	....	....	....	....	...	....	....	....
12	699.4	654.1	6.7	4.2	56	36	4	3	5	....	...	...	....	...	....	....	....
13	698.8	651.0	8.3	3.8	37	26	4	4	5	....	....	....	....	...	....	....	...
14	699.7	654.4	4.9	1.7	75	78	5	5	7	0.2	....	0 3	....	0.5	1	0.4	1
15	700.3	654.3	3.8	1.8	91	83	10	10	7	....	....	2.0	....	1.6	....	0.7	....
16	702.9	655 9	4.1	2.5	88	87	10	10	10	13.8	....	14.5	....	19.6	....	13.2	....
17	696.6	651 6	6.1	+ 2.4	77	93	10	10	10	**38.5**	....	**38.4**	....	**38.4**	12	**35.4**	14
18	700.6	654.0	1.7	- 0.6	100	100	10	10	10	10.2	....	10.2	....	18.7	15	19.6	19
19	709.8	661.9	1.4	- 2.4	80	95	9	9	9	....	....	...	....	0.3	1	1.2	1
20	**712.9**	**665.6**	2.3	+ 0.3	56	52	3	6	4	....	...	....	....	....	....	....	....
21	709.5	663.2	2.5	3.5	52	13	0	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
22	711.0	664 2	2.5	3.7	46	**10**	0	0	0	....	....	....	...	....	....	....	....
23	711.5	664.1	2.0	2.8	50	19	0	0	0	....	...	....	....	....	....	....	....
24	706 9	660 4	2.3	+ 2.5	43	12	0	4	3	....	....	....	....	0.7	....	0.9	1
25	699.0	652.5	1.7	- 0.1	100	91	10	10	10	3.5	....	3.7	1	7.5	4	8.9	11
26	695.6	649.6	+ 1.2	- 1.7	86	78	8	7	7	1.0	...	1.0	1	1.1	3	2.2	5
27	689.7	**643.1**	- 0.7	- 3.7	100	90	10	10	10	5.5	**15**	11.0	**16**	14.9	**27**	15.4	**30**
28	699.3	649.9	- 2.7	- **5.5**	72	87	1	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
29	707.8	658.5	- **4.5**	- 5.1	66	56	0	0	0	....	....	....	....	....	....	...	....
30	708.3	660.5	- 2.7	- 3.1	65	59	7	6	7	1.3	2	1.5	2	3.6	8	4.0	8
31	709 7	661.6	- 0.7	- 4.4	60	65	4	4	4	....	....	....	....	....	....	....	....
MOIS	700.63	654.30	+ 3.55	+ 1.79	70	58	6.0	6.4	5.9	78.3	17	91.5	20	114.9	71	109.5	90

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1910

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	696.55	695.12	695 80	695.82	650.61	650.08	649.96	650 22
2me » ...	700.39	701.04	702.51	701.31	654.71	655.09	656.26	655.36
3me » ...	704 62	703.89	704.64	704.38	657 20	656.86	657.11	657.06
Mois..	700.65	700.14	701.10	700.63	654.27	654 10	654.53	654.30

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade ...	+ 4.84	+ 6.96	+ 6.48	+ 6.09	+ 3.0	+ 9 4
2e » ...	+ 4.28	5.94	4.26	4.83	+ 2.5	6 5
3e » ...	- 1.20	1.40	0.04	0.08	- 2.6	1.9
Mois..	+ 2.52	+ 4.66	+ 3.48	+ 3 55	+ 0.9	+ 5.8

	Dailly					
1re décade...	+ 3.72	+ 5.85	+ 4.95	+ 4.84	+ 1.9	+ 7.1
2me » ...	+ 1.19	2.64	+ 1.67	+ 1.83	- 0.3	4.3
3me » ...	- 2.03	0.45	- 1.47	- 1.02	- 3.9	1.9
Mois..	+ 0.86	+ 2.90	+ 1.61	+ 1.79	- 0.9	+ 4.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	72	72	72	72	56	48	54	53
2me » ...	74	67	75	72	71	68	69	69
3me » ...	73	63	67	67	56	51	52	53
Mois..	73	67	71	70	61	55	58	58

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	8.1	7.1	6.8	7.3	8.3	8.5	6.5	7.8	7.8	7.6	4.1	6 5
2me » ...	8.3	6.5	6.8	7.2	8.2	7.3	6.8	7.4	7.7	7.4	6 8	7.3
3me » ...	3.8	3.8	3.4	3.7	4.6	4.0	3.8	4.2	4.4	4.0	3 9	4.1
Mois..	6.7	5.8	5.6	6.0	7.0	6 5	5.7	6.4	6.5	6.3	4.9	5.9

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1911

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	704.70	704 46	705.21	704.79	656.71	656.69	657.40	656.93
2me » ...	707.30	707.39	707.98	707.56	659.12	659.52	659.89	659.51
3me » ...	710.77	710.57	711.19	710.84	662.75	662.95	662.89	662.86
Mois..	707.69	707.58	708.22	707.83	659.63	659.82	660.15	659.87

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	- 5.06	- 2.42	- 3.92	- 3.80	- 6.3	- 2.1
2me » ...	- 4.54	- 1.76	- 3.41	- 3.24	- 5.3	- 1.1
3me » ...	- 4.15	- 2.07	- 3.38	- 3.20	- 5.1	- 1.4
Mois..	- 4.57	- 2.08	- 3.56	- 3.42	- 5.6	- 1.5
	Dailly					
1re décade ...	- 5.86	- 3.41	- 5.37	- 4.88	- 8.0	- 2.1
2me » ...	- 2.29	+ 1.90	- 1.17	- 0.52	- 4.4	+ 3.0
3me » ...	- 1.86	+ 1.42	- 1.34	- 0.59	- 4.0	+ 3.2
Mois..	- 3.29	+ 0.02	- 2.58	- 1.95	- 5.4	+ 1.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	71	66	64	67	68	54	57	60
2me » ...	77	66	76	73	34	25	29	29
3me » ...	82	73	83	79	42	35	37	38
Mois..	77	68	74	73	48	38	41	42

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	3.7	5.2	3.3	4.1	4.4	5.9	3.9	4.7	4.3	5.1	5.6	5.0
2me » ...	5.0	4.9	3.8	4.6	6.0	4.9	4.5	5.1	2.6	2.1	0.9	1.9
3me » ...	5.9	4.5	6.4	5.6	5.1	4.6	5.5	5.1	3.5	2.0	4.3	3.3
Mois..	4.9	4.9	4.5	4.8	5.2	5.1	4.6	5.0	3.5	3.0	3.6	3.4

MOIS DE JANVIER 1911

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	707.3	658.7	- 4.6	- 6.6	60	50	0	0	0	0.3	2	....	....	0.3	3	0.5	4
2	696.6	649.7	- 4.0	- 6.2	85	95	7	8	9	0.6	3	0.3	6	4 7	5	4.9	6
3	693.5	**646.4**	- 5.9	**- 9.0**	69	85	3	5	8	....	....	....	....	....	....	....	....
4	695.0	648.1	- 4.6	- 6.8	74	72	6	7	5	....	....	....	....	....	....	....	....
5	700.2	652.3	- 4.4	- 7.0	69	79	8	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
6	705.3	657.0	- 4.7	- 4.6	65	45	1	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
7	709.9	661.8	- 3.3	- 2.6	59	29	2	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
8	715.4	667.0	- 2.9	- 3.4	48	27	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	714.3	666.2	- 2.7	- 0.1	51	17	6	6	7	**8.6**	**10**	**7.4**	**8**	**11.6**	**14**	**13.6**	**16**
10	710 4	662.2	- 0.9	- 2.5	89	98	7	7	8	3.5	6	6.2	6	6.1	6	6.7	6
11	705.0	657.1	- 4.1	- 4.7	52	31	1	2	1	....	....	....	....	....	....	....	....
12	**692.6**	646.7	- 0.8	- 1.4	**42**	13	5	7	6	....	....	...	....	....	....	....	...
13	696.7	649.1	- 0.3	- 1.9	51	19	5	5	2	.. .	....	....	....	....	.. .	....	....
14	702.1	654.4	- 2.0	- 3.6	84	73	9	9	4	....	....	....	....	....	....	...	....
15	706.7	658.1	- 4.4	- 4.5	88	55	10	10	0	....	.. .	....	....	....	....	....	....
16	712.0	662.9	- 6.0	- 2.5	93	30	10	10	1	....	....	....	....	...	....	....	....
17	716 8	667.6	- 6.0	+ 2.8	88	18	2	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	**717.0**	**668.6**	- 3.1	+ 3.7	65	12	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	.. .
19	714.1	665.9	- 2.7	+ 2.2	72	19	3	2	3	....	....	....	....	....	....	. ..	....
20	712.6	664.7	- 2.9	+ 4.5	95	23	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
21	709.5	662.5	- 3.9	**+ 4.7**	**96**	12	7	0	1	....	....	....	....	....	....	.. .	. ..
22	708.4	662.4	- 2.3	**+ 4.7**	69	**10**	3	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	711.4	662.8	- 3.3	- 2.6	94	34	10	10	1	....	....	....	....	....	....	....	....
24	712.0	663.0	- 4.3	- 7.4	91	**99**	10	10	10	....	....	. ..	....	....	....	....	....
25	713.0	664.1	- 4.0	- 4.7	68	64	2	2	8	....	....	....	....	....	...	....	....
26	714.2	666.7	- 1.6	+ 1.3	60	21	3	4	9	....	....	....	....	....	.. .	....	....
27	714.4	666.8	**+ 0.3**	+ 4.2	57	16	0	0	1	....	....	....	...	....	....	....	....
28	712.1	664.7	- 0.9	+ 4.3	82	13	3	3	0	....	...	....	....	....	....	....	.. .
29	708.8	661.1	- 4.1	+ 1.0	**96**	25	10	10	0	.. .	....	. ..	....	....	...	....	....
30	706.1	657.7	- 4.5	- 4.7	84	65	10	10	3	....	. ..	....	....	....	....	....	....
31	709.4	659 7	**- 6.6**	- 7.2	75	56	3	3	3	....	....	....	.. .	....	....	....	....
MOIS	707.83	659.87	- 3.42	- 1.95	73	42	4.8	5.0	3.4	13.0	21	13.9	20	22 7	28	25.7	32

MOIS DE FÉVRIER 1911

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromét. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	714.2	664.4	**- 7.8**	**- 6.2**	79	30	0	0	0	....	....	..	....	....	....	....	....
2	712.1	663 6	- 5.8	- 2.0	61	18	0	1	0	....	....	....	....	1.0	1	1.2	2
3	707.1	660.1	- 1.6	- 2.6	74	82	4	6	7	....	....	....	....	0.3	....	2.8	1
4	708 8	660.9	- 4.1	- 4.8	55	52	4	0	0	....	....	....	....	....	...	....	....
5	709.1	660.9	- 3.7	- 3.0	74	48	4	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
6	709.6	661.1	- 3.6	- 5.8	72	68	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
7	712.7	664.5	- 3.2	- 2.7	63	27	1	1	2	....	...	....	....	....	....	....	....
8	712.1	663.3	- 0.9	- 4.3	60	73	6	3	3	....	....	....	...	....	....	....	....
9	710.6	662.1	- 3.8	- 4.1	68	60	0	0	1	....	....	....	....	...	....	....	....
10	710.4	660.6	- 1.3	- 0.2	51	27	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	707.5	660.9	+ 2.6	+ 1.0	**40**	27	6	5	4	....	...	....	....	....	....	....	....
12	707.8	661.0	- 0.4	- 1.1	63	57	7	8	10	13.1	**4**	15 0	**14**	15.3	**18**	17.7	**20**
13	708.8	661 2	- 1.8	- 3.2	98	**94**	9	10	8	0.8	....	1.0	1	0.2	....	2 2	....
14	712.9	664.5	- 1.4	- 2.4	89	77	7	8	4	....	....	....	....	....	....	....	.. .
15	715.6	667.4	- 1.5	+ 0.7	81	25	4	2	4	....	....	....	....	....	....	....	....
16	**716.8**	**668.2**	0.0	1.1	62	19	1	2	5	...	....	...	....	....	....	...	...
17	713.4	666.7	+ 3.9	5.5	59	**11**	4	4	7	....	....	....	....	....	....	....	....
18	707.8	661.2	6.1	5.4	57	57	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
19	**700.4**	**653.8**	4.2	+ 4.7	66	33	8	7	8	5.4	....	5.5	....	4.2	5	4.7	8
20	704.5	657.4	3.0	- 0.8	57	63	8	9	6	....	....	....	....	....	....	....	....
21	708.7	661.5	2.6	+ 1.5	44	21	0	1	4	....	....	....	...	....	....	....	....
22	708.0	661.3	5.7	5.5	48	31	4	5	7	0.2	....	0.5	....	0.2	....	0.3	....
23	704.6	658.6	**7.7**	**6.3**	56	48	5	3	3	4.5	....	5.0	....	6.1	....	5.8	....
24	702.7	656.2	5.5	1.5	59	62	10	10	10	5 0	....	6.0	....	6.2	6	7 4	9
25	703.9	657.2	2.1	1.1	100	88	10	10	10	**31.0**	....	**29.0**	....	**23.8**	...	**19.2**	....
26	703.6	657.2	6.2	+ 2.7	53	61	10	10	10	2.0	....	1.0	....	0.5	1	5.2	2
27	707.3	659.8	3.1	0.0	51	40	2	6	3	....	....	....	....	.. .	....	....	....
28	703.3	657.4	+ 3.9	+ 4.0	46	28	6	3	7	1.5	....	....	....	0.3	....	1.6	....
MOIS	708.73	661.18	+ 0.56	- 0.07	64	47	4.5	4.4	4.8	63.5	4	63.0	15	58.1	31	68.1	42

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1911

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	711.07	710.59	710.39	710.68	662.22	662.05	662.18	662.15
2me » ...	709.40	709.28	709.93	709.54	662.42	662.02	662.26	662.23
3me » ...	705.62	705.04	705.19	705.28	659.03	658.42	658.50	658.65
Mois..	708.92	708.54	708.74	708.73	661.38	661.00	661.16	661.18

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	- 5.70	- 2.40	- 2.66	- 3.59	- 6.7	- 0.8
2me » ...	- 0.20	+ 2.96	+ 1.66	+ 1.47	- 0.8	+ 3.9
3me » ...	+ 3.30	+ 5.98	+ 4.58	+ 4.62	+ 1.1	+ 7.5
Mois..	- 1.16	+ 1.91	+ 0.95	+ 0.56	- 2.4	+ 3.2
	Dailly					
1re décade...	- 5.69	- 0.84	- 4.20	- 3.58	- 7.2	+ 1.0
2me » ...	+ 0.23	+ 2.74	+ 0.33	+ 1.10	- 2.3	+ 4.5
3me » ...	+ 1.06	+ 4.60	+ 2.89	+ 2.85	- 1.8	+ 6.5
Mois..	- 1.65	+ 1.99	- 0.56	- 0.07	- 3.9	+ 3.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	71	62	64	66	57	36	52	48
2me » ...	68	60	74	67	41	41	56	46
3me » ...	62	50	59	57	51	41	50	47
Mois..	67	58	66	64	50	39	53	47

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	2.6	1.3	2.7	2.2	2.4	1.2	2.1	1.9	2.4	1.1	2.5	2.0
2me » ...	6.6	5.5	5.1	5.7	5.9	5.2	6.2	5.8	5.5	5.7	6.7	6.0
3me » ...	5.0	6.1	6.4	5.9	6.6	5.5	5.5	5.9	6.2	6.6	7.4	6.7
Mois..	4.7	4.2	4.6	4.5	4.9	3.9	4.5	4.4	4.6	4.4	5.4	4.8

COMPTE RENDU DES SÉANCES

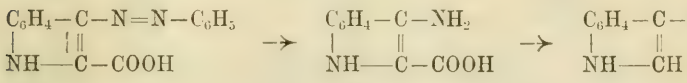
DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 11 novembre 1910

L. Klein. Nouveau mode de formation de l'indigo. — F. Battelli et L. Stern. Oxydation de l'acide succinique par les tissus animaux. — A. Kaufmann. Colorants du groupe de la quinoline. — E. Ferrario et A. Grimm. Condensation des dinitrochlorotoluènes et du trinitrochlorotoluène avec la benzidine et la p-aminodiméthylaniline.

M. le prof. Pictet communique une nouvelle *synthèse de l'indigo*, qui a été effectuée dans son laboratoire par M. L. Klein. L'acide indol-α-carbonique (préparé selon E. Fischer à partir de la phénylhydrazine et de l'éther pyruvique) donne par copulation avec les sels de diazonium une série de colorants azoïques. Si l'on prend celui qui dérive de l'aniline et qu'on le réduise par l'hydrosulfite de soude en solution alcaline, on obtient un acide aminé incolore assez instable, qui, par oxydation au moyen du peroxyde de sodium fournit (à côté d'ammoniaque et d'acide carbonique) une quantité notable d'indigo. La réaction parcourt sans doute les phases suivantes :



M. F. Battelli a constaté, avec Mlle L. Stern, que, seul parmi les acides organiques bi- et tribasiques, l'*acide succinique* est sensiblement oxydé par les tissus animaux isolés. Il est transformé en *acide malique inactif*. Tous les tissus animaux examinés ont opéré cette oxydation, quoique avec des énergies diverses ; quelques-uns tels que le foie, le rein, les muscles, l'effectuent avec une vitesse étonnante. La substance qui provoque cette oxydation ne peut être extraite des tissus par l'eau ; elle reste attachée aux cellules ou à leurs débris. L'optimum de température est environ 40° ; à 55° le phénomène est presque nul. La

vitesse de la réaction est la plus grande en milieu neutre, les ions H et OH la ralentissent, ainsi que plusieurs poisons (acide cyanhydrique, fluorure de sodium, aldéhydes formique et salicylique, acide oxalique).

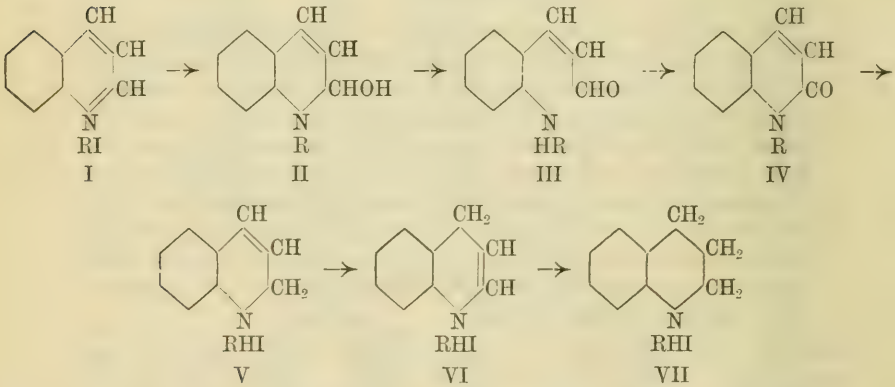
M. A. Kaufmann a poursuivi ses recherches sur les *colorants du groupe de la quinoline*. Il donne le nom d'*apocyanines* à ceux qui prennent naissance dans l'action de la potasse alcoolique sur les halogéno-alcoylates de la quinoline, selon l'équation suivante :

$$4C_9H_7N.R.I + 2KOH = 2C_{18}H_{13}N_2.R_2.I + 2KI + 2H_2O$$

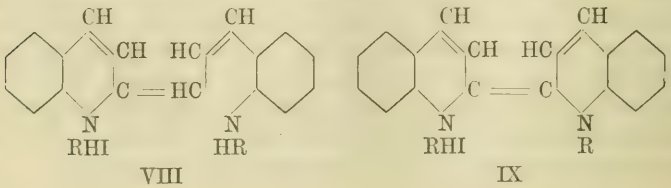
Dans tous les cas étudiés jusqu'ici, il se forme en même temps deux colorants isomériques, les *érythro-apocyanines* (rouges) et les *xantho-apocyanines* (jaune orangé). L'auteur décrit plus spécialement les diméthyl- et diéthylapocyanines,

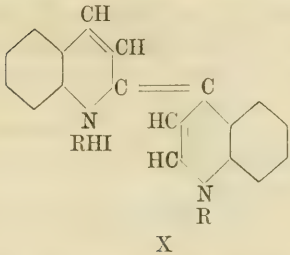
$$C_{20}H_{19}N_2I \quad \text{et} \quad C_{22}H_{23}N_2I.$$

La formation de ces corps résulte probablement de la série de réactions représentées par le schéma suivant :



La quinolone IV et la tétrahydroquinoline VII ne prennent naissance qu'en petites quantités. L'aldéhyde III s'unit aux dihydroquinolines V et VI pour former des produits de condensation tels que VIII, qui, par oxydation subséquente, fournissent les érythro-apocyanines (IX) et les xantho-apocyanines (X).



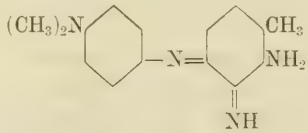


M. Kaufmann fait remarquer l'analogie de structure qui existe entre les érythro-apocyanines et l'indigo, ainsi qu'entre les xantho-apocyanines et l'indirubine. Il ajoute qu'il a obtenu une série d'autres colorants en remplaçant, partiellement ou complètement, les groupes carbonyle du chromophore CO-C=C-CO, par le groupe éthylène -CH=CH-.

M. E. Ferrario décrit une série de produits qu'il a étudiés avec M. A. Grimm et qu'il a obtenus en condensant :

1. la benzidine avec l'o-chloro-dinitro-toluène (pt de fusion 155-159°)
2. » » le m-chloro-dinitrotoluène (» 260-262°)
3. » » le p-chlorodinitrotoluène (» 244-245°)
4. » » le m-chlorotrinitrotoluène (» 186-188°)
5. la p-amino-diméthylaniline avec le m-chloro-dinitrotoluène
6. » » » le p-chloro-dinitroluène.

A partir du dernier de ces produits de condensation, les auteurs on préparé le composé



qui est un isomère du bleu de toluylène de Witt.

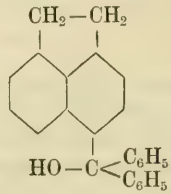
Séance du 8 décembre

A. Kaufmann. Décomposition des sels quaternaires de quinolinium par les alcalis. — E. Ferrario et F. Schmerkowitch. Fluorényl-diphénylcarbinol. — E. Ferrario et M. Jappou. Acénaphtyl-diphénylcarbinol. — A. Brun. Etudes volcaniques au Kilauea.

M. A. Kaufmann communique la suite de ses recherches sur les produits de la *décomposition des sels quaternaires de quinolinium* par les alcalis.

M. E. Ferrario a fait agir, en collaboration avec Mlle F. Schmerkowitch, le bromure de phénylmagnésium sur le 2-benzoylfluorène. Cette réaction a fourni un *fluorényl-diphénylcarbinol*, dont il décrit quelques dérivés.

En remplaçant le benzoylfluorène par le 4-benzoyl-acénaphtène, il a obtenu d'une manière semblable, avec Mlle M. Jappou, l'*acénaphtyl-diphényl-carbinol*

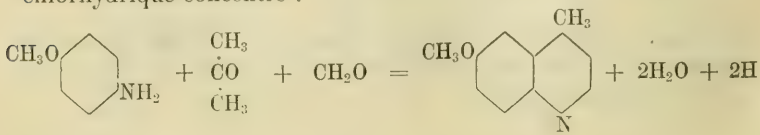


M. A. Brun expose les résultats de ses recherches sur l'*exhalaison volcanique* du Kilauea (Iles Sandwich). Il a pu prouver que le nuage blanc qui surmonte le cratère est formé exclusivement de particules salines et ne contient pas d'eau. Il renvoie pour le détail de ses expériences à l'ouvrage qu'il va faire paraître sous le titre de *Recherches sur l'exhalaison volcanique*.

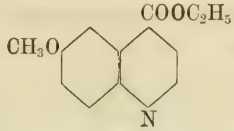
Séance du 12 janvier 1911

A. Pictet et R. Misner. Synthèses de la p-méthoxylépidine et de l'acide quininique. — F. Ferrario et N. Romanoff. Applications de la réaction de Grignard. — F. Reverdin et A. de Luc. Nitration comparée de quelques amines aromatiques mono- et diacylées. — F. Reverdin. Nitration des trois nitrobenzoyl-p-anisidines.

M. le prof. A. Pictet parle de la *constitution de la quinine* et de ses produits de décomposition. Parmi ces derniers se trouvent la *p-méthoxylépidine*, qui prend naissance par l'action des alcalis sur la quinine, et l'acide *quininique*, qui se forme dans son oxydation. La constitution de ces deux composés a été déduite de leurs produits ultérieurs de transformation, mais elle n'a pas été confirmée par leur synthèse. A l'instigation de M. Pictet, M. R. Misner a entrepris de combler cette lacune ; il y est arrivé en utilisant le procédé au moyen duquel Beyer a obtenu la lépidine. Il a préparé la p-méthoxylépidine en chauffant au bain-marie un mélange de p-anisidine, d'acétone, de méthylal et d'acide chlorhydrique concentré :



En remplaçant, dans cette opération, l'acétone par l'éther pyruvique, il a obtenu l'éther quininique :



qui, par ébullition avec la potasse, fournit l'acide quininique, identique à celui qui prend naissance par oxydation de la quinine.

M. E. Ferrario a préparé, avec la collaboration de M. N. Romanoff, quelques nouveaux composés au moyen de la *réaction de Grignard*. En faisant agir l'éther bromacétique sur la p-tolyl-phénylcétone en solution éthéro-benzénique et en présence de magnésium, les auteurs ont obtenu l'éther β-tolyl-β-phényl-β-oxypropionique

$$CH_3-C_6H_4>^{C_6H_5}COH-CH_2-COOC_2H_5$$

Ils en ont étudié quelques dérivés tels que :

l'acide tolylphényloxypropionique, aiguilles fusibles à 181° ;

l'éther β-tolyl-β-phénylacrylique, liquide incolore bouillant à 200° sous 18^{mm} de pression ;

l'acide-β-tolyl-β-phénylacrylique, cristaux fondant à 137° ;

son dérivé dibromé, point de fusion 180° ;

le p-tolyl-phényléthylène asymétrique, liquide incolore distillant à 282°.

M. F. Reverdin a fait, avec M. A. de Luc, une étude comparative de la nitration du méthoxy-1-toluène-sulfonyl-amino-4-benzène et de son dérivé acétylé ; de l'acétyl-p-toluidine et de la diacétyl-p-toluidine ; de la toluène-sulfonyl-p-toluidine et de son dérivé acétylé.

Il résulte de ces recherches que la présence simultanée, dans les amines diacylées, des radicaux acétyle et toluène-sulfonyle, donne de la stabilité à la molécule, et que dans le cas de la p-toluidine le groupe *nitro* est orienté dans une autre position.

Ces dérivés diacylés ne sont nitrés qu'à une température supérieure à celle qui est nécessaire pour la nitration des dérivés mono-acylés ; dans le cas de la toluène-sulfonyl-acétyl-p-toluidine, le groupe *nitro* entre en position 2, tandis que dans les mêmes conditions il entre en position 3 de l'acétyl-p-toluidine ou de la toluène-sulfonyl-p-toluidine (3.5 dans le cas du dérivé dinitré).

La présence de deux groupes acétyle dans la molécule de la p-toluidine diminue, en revanche, la stabilité de cette molécule. La nitration des dérivés diacylés paraît donc présenter avec celle

des dérivés mono-acylés des différences dont les auteurs se proposent d'examiner la généralisation, et que l'on pourra peut-être mettre à profit suivant les dérivés nitrés que l'on désirera préparer.

M. Reverdin annonce en outre quil a commencé l'étude de la *nitration des trois nitro-benzoyl-p-anisidines* et qu'il a déjà constaté des différences intéressantes dans la manière dont se comportent les trois isomères. La préparation des dérivés *ortho* et *méta* a été faite en mélangeant les solutions alcooliques chaudes de p-anisidine, d'acétate de soude et de chlorure d'o- ou de m-nitrobenzoyle ; celle du dérivé *para* en mélangeant les solutions *éthérées* de 1 molécule du chlorure et de 2 molécules de p-anisidine ; si l'on opère en présence d'alcool, il y a principalement formation d'éther p-nitrobenzoïque.

Séance du 9 février

A. Brun. Les verres et la cristallisation de la silice.

M. Albert Brun fait une conférence sur *les verres et la cristallisation de la silice.*

Il montre que les verres, comme les liquides dénués de propriétés optiques, obéissent à la définition de symétrie la plus générale possible :

Ce sont des corps doués d'un nombre très grand d'axes de symétrie, chacun étant d'un ordre très élevé (quasi infini).

D'après cela les verres ne sont que des liquides difficilement déformables : en effet ils ne possèdent *pas* de point de fusion.

Le conférencier montre qu'il faut séparer les verres dus à une surfusion (pyroxènes, oligoclases, leucite, silice) de ceux dus à la dissolution d'un silicate quelconque dans le silicate alcalin sodique ou potassique (orthose, albite).

Lorsqu'il s'agira de régénérer certains minéraux en les faisant cristalliser aux dépens de verres polybasiques qui les contiennent, il faudra tenir compte de leur solubilité dans le silicate alcalin restant. Le plus insoluble se sépare le premier ; ce qui peut coïncider avec le moins fusible. C'est le cas du péridot dans les verres de basaltes fondus.

En appliquant ces données au verre résultant de la fusion du granite, l'auteur montre que le verre du à la fusion de l'orthose ou de l'albite est du à la dissociation de la molécule et à la dissolution du silicate alumineux dans le silicate alcalin. Tandis que, bien au contraire, les verres d'oligoclase et de quartz sont des verres par surfusion.

S'il est facile de régénérer les cristaux des minéraux non dissociés, ce n'est plus le cas pour les autres.

L'auteur montre combien la régénération du quartz aux dépens de son verre est facile. Les vapeurs de chlorures alcalins, à la température de 700°, agissent très efficacement comme lubrifiants.

En faisant cristalliser le verre de quartz dans le vide partiel, il suffit que la pression des vapeurs de chlorures soit seulement de 1 centimètre de mercure, pour que la cristallisation soit vivement amorcée et qu'au bout de 40 à 50 heures on ait du quartz cristallissé doué des propriétés optiques normales.

M. Brun, appliquant ces faits à la question de la genèse du granite, montre quels sont encore les progrès à réaliser pour arriver à une synthèse complète de cette roche.

Il se dit persuadé que dans un avenir peut-être rapproché la synthèse des granites pegmatitiques sera réalisée.

Séance du 9 mars

S. Reich et G. Pinczewski. Anhydride acéto-molybdique. — S. Reich et W. Schapiro. Action de l'anhydride iodique sur l'anhydride acétique. — A. Gams et A. Pictet. Synthèse de l'oxyberbérine. — A. Kaufmann. Constitution des apocyanines. — E. Ferrario et C. Kikatcheichvili. Dérivés de la phtaloyl-p-anisidine.

M. S. Reich, a préparé, en collaboration avec M. G. Pinczewski, un anhydride mixte de l'acide molybdique et de l'acide acétique, en faisant réagir l'anhydride acétique sur l'hydrate de l'acide molybdique. Ce corps possède la formule $MoO_2(OCOCH_3)_2$ et forme une poudre amorphe, légèrement colorée en bleu, assez soluble dans l'acétone et facilement décomposable par l'humidité de l'air.

M. S. Reich a cherché, avec M. W. Schapiro, à obtenir un *iodate d'acétyle* analogue au nitrate d'acétyle de MM. Pictet et Khotinsky. Les auteurs ont fait agir, dans ce but, l'anhydride iodique sur l'anhydride acétique. On obtient à chaud une solution claire ; celle-ci ne renferme cependant pas le produit attendu, mais un mélange des acides mono-iodacétique et oxalique. La réaction a lieu probablement selon l'équation :

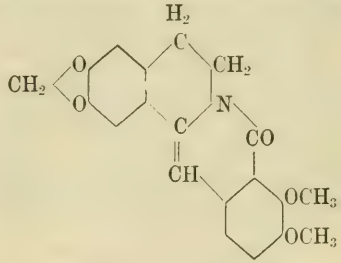
$$(CH_3CO)_2O + I_2O_5 = 2CH_2I.COOH + 4O$$

et l'oxygène agit à l'état naissant sur l'anhydride acétique en excès pour le transformer en acide oxalique.

M. A. Gams rend compte d'essais qu'il a entrepris avec M. A. Pictet, dans le but de reproduire artificiellement le groupement atomique que l'on admet aujourd'hui dans la molécule de la *berbérine*. Les auteurs n'ont pas réussi jusqu'ici à réaliser la synthèse complète de la berbérine, mais ils ont obtenu tout au

moins un composé très voisin, l'*oxyberbérine*, qui se forme dans l'oxydation de l'alcaloïde au moyen du permanganate, ainsi que dans son dédoublement par les alcalis.

D'après les travaux de Perkin et de Gadamer, on doit attribuer à l'oxyberbérine la constitution exprimée par la formule :



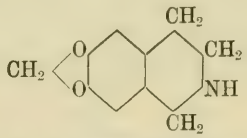
MM. Pictet et Gams l'on obtenue au moyen des réactions suivantes :

1. Préparation du chlorhydrate d'homopipéronylamine

$$CH_2O_2 = C_6H_3 - CH_2 - CH_2 - NH_3Cl$$

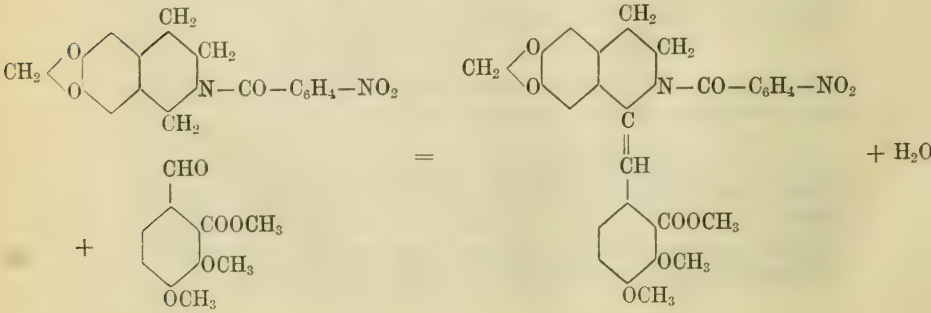
par condensation du pipéronal avec le nitrométhane et réduction du produit.

2. Condensation de ce chlorhydrate avec le méthylal en présence d'acide chlorhydrique concentré, ce qui fournit la *norhydrohydrastinine*

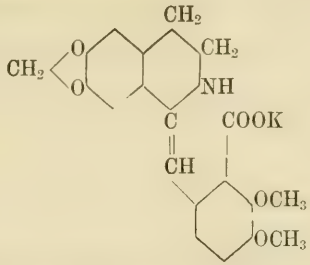


3. Transformation de la norhydrohydrastinine en son dérivé o-nitrobenzoylé par l'action du chlorure d'o-nitrobenzoyle en présence de soude caustique.

4. Condensation de ce dérivé avec l'opianate de méthyle sous l'influence de l'acide sulfurique concentré à froid :

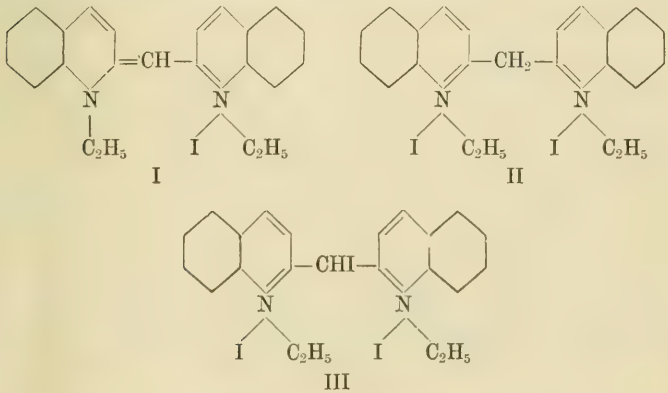


5. Saponification du produit par la potasse alcoolique à 150°. Il se forme alors le sel



qui, sous l'action des acides, se convertit par cyclisation en oxyberbérine.

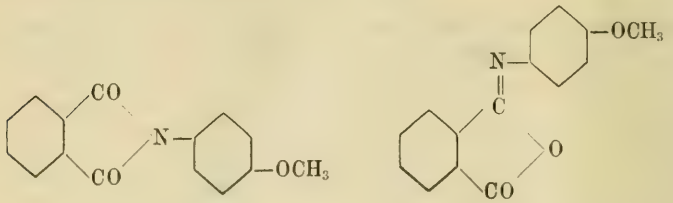
M. A. Kaufmann communique la suite de ses recherches sur les *apocyanines*. Il attribue au *rouge éthyle* la formule I :



Ce colorant prend naissance par condensation de la pseudobase dérivée de l'iodéthylate de quinoline avec une molécule d'iodéthylate de quinaldine. En présence d'acide iodhydrique il se convertit en diiodéthylate d'$\alpha\alpha$-diquinolylméthane (II), lequel, traité par une demi-molécule d'alcali, régénère le rouge éthyle. L'iode en solution alcoolique ne donne avec le rouge éthyle ni un periodure, ni un produit de substitution, mais probablement un diiodéthylate de la formule III. Les cyanines dérivant de la lépidine possèdent des formules analogues.

M. E. Ferrario a étudié la *phtaloyl-p-anisidine* en collaboration avec M. C. Kikatcheichvili. Ce composé peut exister sous

les deux formes tautomériques suivantes, dont la première est blanche et la seconde jaune :



Les auteurs ont préparé quelques dérivés de la première forme, entre autres :

le dérivé	3-chloré,	point de fusion	250°
»	3-bromé,	»	246°
»	3-nitré,	»	277°
»	2-nitré,	»	155°

A. P.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 2 décembre 1910

Fuhrmann. Voyage en Colombie. — Spinner. Phytostatique altitudinaire du canton de Neuchâtel. — Schardt. Mines romaines de la Mamice.

M. le prof. Fuhrmann donne un premier aperçu sur l'itinéraire de son *voyage en Colombie.*

M. le prof. Spinner communique les résultats préliminaires de ses études sur la *phytostatique altitudinaire du canton de Neuchâtel* : les flores étant en général peu précises, quant aux renseignements altitudinaires, M. Spinner a cherché à déterminer exactement la répartition des plantes vasculaires neuchâteloises en des régions limitées par les courtes équidistantes de 100 m. Dans ce but, il a fallu faire abstraction des frontières politiques et aller jusqu'à Chasseral et au Chasseron. La surface considérée s'est montrée répartie comme suit, après calcul sur les cartes Sigfried à $^1/_{25000}$: de 430 à 500 m. : 40,7 km^2; de 501 à 600 m. : 25,7 km^2; de 601 à 700 m. : 25 km^2; de 701 à 800 m. : 78,8 km^2; de 801 à 900 m. : 58,1 km^2; de 901 à 1000 m. : 67,6 km^2; de 1001 à 1100 m. : 171,9 km^2; de 1101 à 1200 m. : 173,3 km^2; de 1201 à 1300 m. : 72,5 km^2; de 1301 à 1400 m. : 30,8 km^2; de 1401 à 1500 m. : 7,9 km^2; de 1501 à 1600 m. : 1,1 km^2; de 1601 à 1611 m. : 0,03 km^2; la hauteur moyenne est de 1005 m. environ.

En 1838, Ch.-H. Godet indiquait 1335 plantes vasculaires dans le canton de Neuchâtel, en 1891, Rhyner en donnait 1420 ; aujourd'hui on en compte plus de 1500, soit le 56 % de la flore helvétique. Elles y sont réparties en 107 familles, dont les plus importantes sont : les Composées avec 150 esp. ; Graminées 110 ; Rosacées 90 ; Papilionacées 84 ; Cypécacées 77 ; Crucifères 72 ; Scrofulariées 65 ; Ombellifères 62 ; Labiées 61 ; Caryophyllées 49 ; Orchidées 45 ; Renonculacées 43 ; Liliacées 38 ; Polygonées 31 ; Borraginées 28 ; Polypodiacées 28.

Au point de vue altitudinaire les 1500 espèces se rencontrent comme suit : de 430 à 500 m. : 1002 esp. ; de 501 à 600 : 914 ; de 601 à 700 : 827 ; de 701 à 800 : 839 ; de 801 à 900 : 747 ; de 901 à 1000 : 695 ; de 1001 à 1100 : 666 ; de 1101 à 1200 : 551 ; de

1201 à 1300 : 465 ; de 1301 à 1400 : 337 ; de 1401 à 1500 : 271 ; de 1501 à 1600 : 195 ; de 1601 à 1611 : 75. De ces 75 esp., 30 se sont rencontrées dans toutes les régions altitudinaires, ce sont : *Cardamine pratensis*, *Capsella Bursa Pastoris*, *Viola hirta*, *Polygala amara*, *Silene nutans*, *Silene inflata*, *Cerastium glomeratum*, *Geranium silvaticum*, *Anthyllis vulveraria*, *Trifolium pratense*, *Tr. repens*, *Lotus corniculatus*, *Potentilla verna*, *Carum Carvi*, *Galium boreale*, *Cirsium acaule*, *Leontodon hastilis*, *Taraxacum officinale*, *Hieracium pilosella*, *Campanula rotundifolia*, *Gentiana verna*, *Thymus serpyllum*, *Primula elatior*, *Plantago major*, *Thesium alpinum*, *Agrostis alba*, *Kœleria cristata*, *Poa annua*, *Poa pratensis*, *Deschampsia caespitosa*.

La répartition des plantes vasculaires nous permettra l'établissement d'étages de végétation. Jusqu'ici on se basait sur Thurmann qui donnait pour le Jura les chiffres suivants : au-dessous de 400 m., la région basse ; de 400 à 700 m., la région moyenne ; de 700 à 1300 m., la région montagneuse ; au-dessus de 1300 m., la région alpestre. Thurmann avait établi ces zones d'après la méthode qualitative s'appuyant sur la présence ou sur l'absence d'espèces convenablement choisies.

M. Spinner préférant la méthode quantitative, par la masse des espèces, limite les étages là où la diminution provenant de l'élèvation en altitude éprouve un arrêt relatif. Il obtient ainsi les zônes suivantes : au-dessous de 750 m., une région moyenne ; de 750 à 1050 m., une région submontane ou des céréales ; de 1050 à 1450 m., une région montane ou des forêts ; au-dessus de 1450 m., une région subalpine ou des pâturages.

Il indique ensuite quelques nouveautés pour la flore neuchâteloise : *Rhus Coriaria,* naturalisé sur des rochers près de Neuchâtel à 500 m., *Centaurea nigrescens* découverte par M. Jordan au-dessus de la Ville à 605 m. ; *Saxifraga cuneifolia* sur les rochers du Mail à 485 m. ; *Gentiana Kochiana* près d'Engollon dans des prés humides à 730 m. ; *Gentiana nivalis* retrouvée à Chasseral (1905 M. Tripet ; 1910 M. Piguet) ; *Sisymbrium sinapistrum* et *Eragrostis minœ* à la Béroche (M. Gaille).

Il montre enfin un exemplaire monstrueux de *Chrysanthemum Leucanthemum* chez lequel il s'était formé une ombelle de capitules.

M. le prof. Schardt dit que dans les *mines romaines de la Mamice,* le 80 % de la pierre est du calcaire blanc devant provenir de La Lance après Concise et transporté par voie d'eau, le canal d'Entreroches en particulier. Il a aussi été trouvé là en béton à ciment rouge merveilleusement encastré de pierres multicolores.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

K. Bædeker. Die elektrischen Erscheinungen in metallischen Leitern. *Die Wissenschaft,* Heft 35, 126 p. et 25 fig. dans le texte. Vieweg und Sohn, Brunswick, 1911.

Le volume que nous avons sous les yeux est le 35e de la collection *Die Wissenschaft*. Il donne sous une forme concise des renseignements qui à l'ordinaire sont disséminés dans les grands ouvrages de physique et les périodiques. Le développement rapide de l'électricité théorique dans ces dernières années, et en particulier de la théorie des électrons, le grand nombre de faits et d'aperçus nouveaux qui ont été énoncés, justifient la publication de ce résumé.

La théorie de la plupart des phénomènes décrits est loin d'être définitive ; aussi l'auteur, se référant d'ailleurs aux publications de J.-J. Thomson dans la collection *Die Wissenschaft*, ne l'a-t-il traitée que d'une façon accessoire ; il fait cependant une exception pour la thermo-électricité, dont il donne une théorie nouvelle, basée sur celle de Richardson de l'émission d'électrons par les conducteurs portés à l'incandescence.

Les résultats expérimentaux, par contre, sont donnés d'une façon très complète ; l'auteur a pris la peine de recalculer la plupart des données numériques, de façon à les ramener toutes à un même système de mesures.

L'ouvrage débute par une introduction d'une quinzaine de pages, dans lesquelles l'auteur précise la nature de la conduction métallique, distincte de la conduction électrolytique en ce sens que le passage du courant n'est pas accompagné de modifications matérielles permanentes ; il indique les principes de la théorie électronique de la conduction métallique, établie par Riecke, Drude, J.-J. Thomson et Lorentz, mentionne l'essai d'application tenté par Lorentz du principe de Maxwell sur la répartition des vitesses et rappelle avec quelques détails la théorie de Richardson sur l'ionisation par les corps incandescents.

Le chapitre I (33 pages) traite de la conductibilité électrique de métaux. Un tableau donne les conductibilités des métaux placés dans l'ordre du sytème périodique des éléments, un autre

celles de quelques combinaisons métalliques. L'influence de la température, de la pression et des changements d'état est traitée ensuite pour les métaux, les métalloïdes et leurs combinaisons ; le chapitre se termine par une étude analogue sur les alliages, dans laquelle l'auteur insiste sur les divers états dans lesquels on peut observer les alliages binaires : alliages avec ou sans dissolution mutuelle des composants, alliages dont les composants peuvent se combiner en proportions définies, etc... et sur l'insécurité des mesures ; la grande difficulté est d'obtenir des échantiilons sous une forme propre aux mesures ; une autre surgit en raison de certains états moléculaires instables dont l'équilibre définitif ne s'acquiert qu'après un temps parfois fort long. L'auteur constate en quelques mots que la théorie de la conductibilité des solutions solides n'a pas encore été établie.

Le chapitre II (11 pages) parle de la conductibilité thermique et de ses relations avec la conductibilité électrique. La théorie électronique amène à des résultats qui concordent avec les lois de Wiedemann et Franz et de Lorenz.

Plusieurs tableaux numériques donnent la conductibilité thermique de —170° à +100° d'après les recherches de Lees et de Jæger et Diesselhorst, ainsi que le rapport des conductibilités thermique et électrique ; à remarquer que la moyenne des valeurs de ce rapport pour les métaux purs tend vers la valeur donnée par la théorie électronique.

Le chapitre III comprend 27 pages et traite de la thermo-électricité et des effets Peltier et Thomson qui l'accompagnent. Les trois sujets sont d'abord étudiés séparément, puis traités dans leur ensemble à la lumière des principes de la thermodynamique ; pour terminer, l'auteur applique la théorie des électrons à ces phénomènes, montre en quoi elle permet de les expliquer et quels aperçus elle ouvre aux recherches futures.

Un tableau très complet donne les coefficients α et β de l'équation d'Avenarius :

$$e = \alpha t + \frac{1}{2}\beta t^2$$

pour les métaux purs.

Pour la thermo-électricité des alliages, les difficultés déjà signalées à propos de la conductibilité électrique subsisteront tant que la constitution réelle des alliages ne sera pas mieux connue. Les travaux récents de Rudolfi et de Haken permettent de conclure à une analogie avec les phénomènes de conductibilité. L'influence de la pression, les effets Peltier et Thomson sont résumés en tableaux numériques donnant les résultats les plus récents. Deux paragraphes très développés terminent ce chapitre, traitant l'un de la théorie thermodynamique de la thermo-électricité, l'autre de l'application des principes de l'électronique au même phénomène.

Le chapitre IV (30 pages) s'occupe de l'action des champs magnétiques sur les conductibilités thermique et électrique. Il faut signaler tout d'abord un tableau très clair des effets transversaux d'un champ transversal, des effets longitudinaux d'un champ transversal et des effets longitudinaux d'un champ longitudinal (effets Hall, von Ettingshausen, Nernst, Leduc et Righi). Vient ensuite l'étude détaillée de ces divers phénomènes, ainsi que celle des variations de résistance du bismuth dans un champ alternatif. Une théorie des effets magnétiques basée sur la thermodynamique est assez développée, tandis que la théorie électronique est pour le moment, et sur ce sujet, manifestement insuffisante.

Le cinquième et dernier chapitre (16 pages) s'occupe des propriétés optiques des conducteurs métalliques en se basant sur la théorie de Maxwell et sur les recherches de Lorentz, qui visent à obtenir par la théorie électronique une expression du pouvoir émissif des métaux. Un paragraphe spécial est consacré aux méthodes d'observation imaginées par Hagen et Rubens pour la détermination des pouvoirs réflecteur et émissif dans l'infrarouge. Le chapitre se termine par quelques notes sur la dispersion optique des métaux.

En résumé, l'ouvrage de M. le Dr Bædeker donne un aperçu complet de ces questions encore si obscures. Par les 24 tableaux numériques qu'il contient, il forme un complément fort utile des traités généraux, qui parfois reproduisent des données trop anciennes ayant perdu toute valeur. E. St.

Dr E. von Lommel. Lehrbuch der Experimentalphysik. Neubearbeitete Auflage herausgegeben von Dr Walter König. Leipzig, Verlag von J. A. Barth, 1911.

L'éditeur de la 17me édition de cet ouvrage dont l'auteur, le prof. Lommel de Munich, à été enlevé à la science en 1899, M. Kœnig, professeur à l'université de Giessen nous avertit qu'il y a introduit un certain nombre de nouvelles questions, entre autres, la résistance de l'air, le mouvement brownien, l'effet Thomson, les séries spectrales, et aussi qu'il a retravaillé les paragraphes relatifs à la pyroélectricité, la fluorescence, la télégraphie sans fil et la théorie des électrons. A trouver dans cet ouvrage, outre la vaste matière ordinaire de l'enseignement, un résumé très documenté des plus récents progrès de la physique, les savants de profession et les amateurs voudront le consulter et lui trouveront sa place sur les rayons de leur bibliothèque.

Dans le domaine de la mécanique, comme ailleurs du reste, l'emploi des mathématiques est réduit au stricte minimum, à

quelques égalités exprimant les relations fondamentales et qui ne sont que l'énoncé des lois. Ce qui n'empêche pas l'explication du phénomène d'être rigoureuse et de laisser dans l'esprit une image plus nette que ne le font quelquefois les équations ; on en trouvera un exemple à propos des marées. Les propriété générales de la matière, l'état d'aggrégation des plus petites parties des corps empruntent encore aujourd'hui une importante contribution à l'hypothèse, mais nous sommes renseignés par la science moderne avec une exactitude inattendue sur les valeurs numériques des infiniment petits. Le fil de Wollaston a 0,8 μ d'épaisseur, la couche d'huile qui recouvre l'eau se réduit à 0,005 μ, dans la coloration jaune de la flamme de Bunsen, on peut reconnaître la présence de la trois millionième partie d'un milligramme de sodium. L'aviation est probablement pour quelquechose dans la place donnée à la résistance de l'air ; ce qu'on sait d'essentiel sur ce sujet est résumé de façon à permettre de comprendre, entre autres, comment une disymétrie de la surface par rapport à la vitesse du courant d'air provoque un changement du centre de pression.

La manière dont la question du rapport numérique des deux unités électrostatique et électromagnétique est présentée au lecteur constitue, semble-t-il, une indication importante de la valeur d'un traité de physique. L'explication complète, et facile à saisir, que nous donne M. Kœnig va de la première comparaison de Weber et Kohlrausch à l'expérience du disque de Rowland et se termine par les découvertes de Hertz qui vérifient la théorie de Maxwell. Pour la suivre il faut traverser l'électricité et la lumière et, chemin faisant, on se laisse arrêter par les spectres en série, ce phénomène optique qui laisse pénétrer la science plus ayant peut-être que tout autre, dans le mécanisme moléculaire. Pour qui a le goût des applications un paragraphe sur la télégraphie sans fil indique les procédés employés par Marconi et aussi par Braun pour obtenir les résultats que l'on connaît. Les antennes, l'oscillateur circulaire sont des formes spéciales données à l'oscillateur hertzien et le cohéreur est un témoin autrement sensible que le résonnateur. Les ondes employées ont une longueur d'onde comprise entre 100 m. et 6 kilomètres.

Ajoutons que les figures nombreuses sont d'une netteté irréprochable, et quand il s'agit d'un instrument compliqué, comme la pompe de Gæde, en donnent une coupe suggestive. Une traduction française de cet in-octavo dans lequel la physique actuelle est condensée rendrait service à l'enseignement.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AVRIL 1911

Le 1, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
2, pluie dans la nuit et à 9 h. du soir.
4, neige dans la nuit ; violente bise pendant la journée.
5, très forte bise jusqu'à 7 h. du soir ; neige depuis 6 h. du soir, haut. 2 cm.
6, neige dans la nuit, haut. 2 cm.
7, gelée blanche le matin ; forte bise pendant la journée.
8, neige dans la nuit et à 7 h. du matin ; forte bise pendant la journée.
9, forte bise pendant la journée.
les 10, 11 et 12, gelée blanche le matin.
13 et 14, très forte bise pendant la journée.
le 19, pluie depuis 8 h. du soir.
20, pluie dans la nuit à 7 h. et à 10 h. du matin ; neige sur le Salève.
les 22, 23 et 25, rosée le matin.
le 26, pluie dans la soirée.
27, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 9 h. du soir.
28, pluie dans la nuit, à 7 h. $^1/_4$ et à 10 h. du matin ; neige sur le Jura ; fort vent le matin.
29, pluie à 9 h. $^1/_4$, de 10 h. $^1/_4$ à midi et de 3 h. à 7 h. du soir.
30, pluie dans la nuit ; averses l'après midi ; neige sur le Jura.

Hauteur totale de la neige 4 cm., tombés en 2 jours.

GENÈVE — AVRIL 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	27.1	26.7	26.1	26.43	+ 1.90	25.3	27.5	NW. 0	SW. 1	NNW. 1	var	3.6	10	5	5	7	6.9	3.6	5
2	25.5	23.6	23.0	24.09	- 0.43	22.3	25.8	W. 0	W. 1	ENE. 1	var.	2.5	10	8	10	9	3.6	0.7	1
3	21.1	20.6	19.2	20.56	- 3.95	18.5	22.8	N. 1	NNW. 1	ENE 1	NNE. 1	7.5	10	9	10	8	0.1	0.1	1
4	17.9	17 3	16.9	17.72	- 6.78	16.4	19.1	NNE. 4	NNE. 4	NNE. 4	NNE. 4	**46.8**	8	9	10	9	1.9	. .	....
5	14.5	15 2	16.7	**15.46**	**- 9.03**	**14.4**	16.9	NNE. 4	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 3	29.9	10	10	10	10	0.8	3.3	4
6	19.6	21.5	24.0	20.95	- 3.54	17.6	24.2	WSW. 1	SW. 1	NNE 1	NNE. 1	5 6	9	7	1	6	2.1	...	...
7	23.2	21.5	21.7	22.29	- 2.19	19.9	24.2	NNE. 2	NNE. 2	NNE 2	NNE. 2	19.7	2	2	2	3	9.0	...	....
8	22.8	22.9	25.2	23.32	- 1.16	22 0	25.4	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	18 7	10	9	10	8	2.5	. .	...
9	26.6	26.0	23.9	25.47	+ 0.99	23.3	26.7	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	18.9	9	10	8	9	1.7	...	....
10	21.8	20.1	20.4	20 96	- 3.53	19.5	23.0	SSW. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.2	1	8	8	5	8.1	...	...
11	24 8	25.6	26.4	24.76	+ 0.27	21.5	26.7	WNW. 1	N. 1	NNE. 1	NNE 1	7.3	0	1	0	0	10 8	...	...
12	28.9	28.2	28.2	28.14	+ 3.64	27.2	29.1	WNW. 0	N. 1	NNW. 0	N 1	2 9	0	1	1	1	11.0	...	....
13	27.1	27 0	29.2	27.65	+ 3.14	26.9	29.3	W. 0	NNE 2	NNE. 2	NNE. 2	18.5	1	1	1	1	12.2	.	....
14	30.0	30.5	31.5	30.39	+ 5.87	29.5	31.7	NNE. 3	NNE. 3	NNE 2	NNE. 3	31.4	1	1	0	1	12.9	...	....
15	33.1	32.1	31.6	32.18	+ 7.65	31.1	33.2	NE. 0	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	4.0	0	1	0	0	13.0	...	....
16	31 2	28.6	27.9	29.39	+ 4.84	27.1	31.4	WNW. 0	WSW. 1	SW. 1	SW. 1	6 9	0	0	2	1	13.0	...	....
17	28.2	27.6	27.8	27.91	+ 2.35	27.1	28.7	N. 1	SW. 1	W. 1	SW. 1	7.5	1	0	0	0	12.4	...	....
18	28.3	25.7	24.1	26.31	+ 1.73	23.8	28.6	NW. 0	NNW. 1	W. 1	var.	4.2	0	2	1	1	12.9	...	....
19	24.4	22.9	25.0	23.90	- 0.70	22.6	25 6	N. 1	NW. 0	SSW. 1	SSW. 1	5.6	10	10	10	10	0.0	6.8	8
20	28.1	30 9	35.3	30.39	+ 5.77	25.6	36 0	SW. 0	NW. 0	NNE. 1	var.	4.0	10	10	10	10	0.0	1.3	4
21	37.3	38.3	38.9	**37.70**	**+13.06**	36.2	**38.9**	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 0	NNE. 1	12 2	1	3	0	1	13 1	...	....
22	38.4	36.3	34.2	36.57	+11.90	34.0	38.7	WSW. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.1	1	1	0	1	13 0	...	....
23	33.8	31.2	29.7	31.85	+ 7.16	29.3	34 3	NW. 0	NNE. 1	NNE. 0	NNE. 1	2.1	0	7	3	5	10.2	...	....
24	28.3	27.4	27.6	27.86	+ 3.14	26.9	29.4	W 0	N. 1	NNE. 1	var.	6.1	8	4	7	6	9.9	...	....
25	27.1	25.9	24.6	26.02	+ 1.27	24.2	27 8	NNW. 0	N. 1	S. 1	N. 1	4.2	0	1	2	2	**13.2**	...	...
26	25.1	27.1	29.1	26.60	+ 1.82	24.5	29.2	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	7.9	10	7	10	8	2.3	1.7	2
27	27.0	26.0	24.1	26.28	+ 1.47	23.5	28.8	W. 0	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	12.7	10	10	10	10	0.0	2.5	3
28	25.3	26.0	24.3	25.06	+ 0.22	23.5	26.9	WSW. 2	SW. 2	SW. 1	SSW. 1	12 9	9	7	2	7	7.6	0.3	1
29	20.2	20.4	20.8	20.48	- 4.40	19.2	22.4	SSW. 1	SSW. 1	N. 1	SSW. 1	9.2	10	10	9	9	0.0	**20.4**	**7**
30	18.9	18.1	21.6	19.44	- 5.47	18.0	22.3	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	10.6	3	7	10	7	8.3	5.8	3
Mois	26.19	25.70	25.96	25.87	+ 1.10							11.06	5.1	5.4	5.1	5.2	212.5	46.5	39

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Lumimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 8.4	+14.8	+10.2	+10.75	+ 3.92	+ 7.2	+18.3	98	51	79	78	+ 6	48	98	7.0	- 0.3	1190
2	8.1	14.9	9.4	10.77	+ 3.80	7.5	16.6	97	61	89	80	+ 8	53	**99**	...	.....	1205
3	8.1	9.6	5.9	8.08	+ 0.98	+ 5.0	10.7	82	54	73	70	- 1	50	92	6.5	- 0.9	1200
4	+ 0.1	+ 1.6	+ 0.5	+ 0.85	- 6.39	- 0.7	5.7	78	70	74	77	+ 6	52	91	6.0	- 1.5	1235
5	- 1.9	- 0.1	- 1.2	**- 0.88**	**- 8.26**	- 2.6	1.0	75	74	96	76	+ 5	60	97	4.5	- 3.1	1225
6	- 2.7	+ 4.1	+ 1.5	+ 0.39	- 7.12	**- 3.2**	5.1	87	49	75	76	+ 5	45	98	5.3	- 2.4	1155
7	- 0.3	5.4	3.5	2.54	- 5.11	- 1.0	6.9	89	51	76	70	- 1	49	93	5.5	- 2.2	1155
8	+ 1.9	4.7	2.3	2.59	- 5.20	+ 0.8	5.9	69	54	64	66	- 5	52	74	5.5	- 2.3	1135
9	+ 0.7	3.9	2.3	2.15	- 5.78	+ 0.1	4.7	69	53	63	62	- 9	45	73	...	.....	1155
10	- 1.3	5.3	5.1	2.65	- 5.42	- 2.8	7.6	84	60	63	68	- 2	49	85	5.6	- 2.1	1110
11	+ 0.1	9.7	7.6	5.19	- 3.02	- 1.5	12.1	85	41	51	61	- 9	38	90	6.0	- 2.1	1115
12	2.4	10.3	9.6	7.11	- 1.24	+ 0.5	11.5	78	40	47	54	-16	22	92	6.6	- 1.6	1105
13	6.1	11.7	5.4	7.14	- 1.35	2.8	12.3	70	17	57	52	-18	16	91	7.0	- 1.3	1135
14	3.8	8.6	6.1	5.89	- 2.74	+ 2.8	9.8	67	42	49	56	-14	40	80	....	.....	1155
15	2.8	11.9	8.9	8.15	- 0.62	0.0	16.5	69	42	42	51	-19	**14**	88	6.8	- 1.7	1090
16	6.6	20.7	12.6	11.49	+ 2.58	+ 1.2	**22.2**	61	19	41	49	-21	15	90	...	.....	1105
17	9.0	17.8	12.2	12.56	+ 3.51	5.6	19.0	51	16	50	**42**	**-28**	**14**	72	....	.....	1095
18	7.2	15.3	12.2	11.04	+ 1.85	4.6	17.8	73	40	61	61	- 9	38	96	8.0	- 0.8	1095
19	8.8	13.0	9.1	11.05	+ 1.71	7.5	14.9	73	60	81	68	- 2	55	93	7.5	- 1.3	1105
20	6.7	9.0	8.5	8.09	- 1.39	6.0	16.0	94	74	78	**83**	**+13**	60	96	7.2	- 1.7	1110
21	8.9	12.7	11.2	10.44	+ 0.82	6.6	15.1	74	61	73	72	+ 2	51	93	7.5	- 1.5	1115
22	8.0	16.5	13.5	12.25	+ 2.49	1.8	19.3	83	48	62	65	- 5	35	92	8.0	- 1.2	1120
23	8.7	13.7	15.4	12.84	+ 2.93	5.9	20.5	81	61	56	69	0	42	93	....	.....	1140
24	11.6	17.5	13.5	**14.42**	**+ 4.37**	9.4	20.0	72	40	64	61	- 8	38	94	9.4	0.0	1140
25	9.9	17.2	15.7	13.59	+ 3.39	7.0	19.4	76	47	57	62	- 7	40	88	10.0	+ 0.5	1145
26	13.9	16.3	11.2	13.71	+ 3.37	10.5	16.9	56	43	80	55	-14	42	85	10.5	+ 0.9	1175
27	10.5	12.3	11.5	10.92	+ 0.44	8.6	13.2	84	60	69	74	+ 5	59	89	8.7	- 1.0	1170
28	10.3	14.3	11.4	11.65	+ 1.02	8.6	16.8	67	39	52	57	-12	39	80	7.4	- 2.4	1175
29	13.1	12.2	7.1	10.53	- 0.24	6.4	14.2	52	74	88	72	+ 3	48	98	7.5	- 2.4	1215
30	+ 8.7	+13.6	+ 7.4	+ 8.76	- 2.16	+ 4.8	+15.0	65	42	83	68	- 1	40	86	...	.....	1205
Mois	+ 5.96	+11.28	+ 8.33	+ 8.22	- 0.75	+ 3.75	+13.40	75	49	65	65	- 5			7.13	-1.65	1149

MOYENNES DE GENÈVE. — AVRIL 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	22.23	21.87	22.02	22.05	21.54	21.12	21.30	21.67	21.72
2e »	27.80	27.85	28.39	28.68	27.89	27.40	27.94	28.87	28.10
3e »	28.53	28.06	28.15	28.15	27.67	27.18	27.19	27.36	27.79
Mois	26.19	25.93	26.19	26.29	25.70	25.23	25.48	25.97	25.87

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 2.78	+ 1.87	+ 2.17	+ 4.25	+ 6.42	+ 6.35	+ 4.66	+ 3.41	+ 3.99
2e »	5.37	3.57	5.35	9.69	12.80	13.52	11.30	8.56	8.77
3e »	9.73	8.34	10.36	13.19	14.63	14.65	13.17	11.22	11.91
Mois	+ 5.96	+ 4.59	+ 5.96	+ 9.04	+11.28	+11.51	+ 9.71	+ 7.73	+ 8.22

Fraction de saturation en %.

1 décade	82	83	83	71	58	58	67	77	72
2e »	72	86	72	51	39	38	46	57	58
3e »	77	79	71	59	51	53	62	71	65
Mois	77	83	75	61	49	50	58	69	65

Dans ce mois l'air a été calme 189 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{159}{46} = 3.46$

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

	mm
Pression atmosphérique.....	25.95
Nébulosité	5.2
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+ 8°.52
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+ 8°.48
Fraction de saturation.....	63 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	24.77
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	56mm.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne ... (id.).	+8°.97
Fraction de saturat. (1849-1875).	70%

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CELIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIERES
Hauteur d'eau en mm.	36.5	36.9	46.6	46.8	32.5	38.9	36.2

Station	VERNIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	29 9	46.5	44.1	38.8	50.2	39.5

Insolation à Jussy : 178 h. 2.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1911

Les 3 et 4 forte bise et neige.
5 et 6 très fort vent et neige.
le 8 neige le soir.
les 12, 13 et 14 très forte bise.
le 18 très fort vent.
19 très fort vent et neige.
20 neige le soir.
les 27, 28 et 29 forte bise et neige.

GRAND SAINT-BERNARD — AVRIL 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	64.2	64.6	64.5	64.4	+ 4.1	63.3	64.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	8	9	..	....
2	62.5	61.8	60.2	61.5	+ 1.1	59.4	63 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	7	9	9	....	....
3	57.5	56.4	54.3	56.1	- 4.4	52.1	57.8	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	8.0	4
4	49.9	50.7	49 6	50.1	-10.4	49.0	52 1	NE. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	5.6	13
5	48.7	48.5	49.7	**49.0**	**- 11.6**	**48.5**	51.3	SW. 2	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	6 0	**18**
6	52.4	54.2	57.0	54.5	- 6.1	51.4	57.2	SW. 1	SW. 4	NE. 1	SW. 2	10	10	0	7	0.3	....
7	56.9	56.9	56 5	56.8	- 3.9	55.3	57.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	7	3	3	....	....
8	54.4	55.1	57.3	55.6	- 5.2	54.3	57.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	10	10	9	....	....
9	58.1	57.9	57.1	57.7	- 3.1	56.5	58.1	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	0	6	2	....	....
10	55.2	54.7	55.8	55.2	- 5.7	54.7	57.6	NE. 1	NE. 1	SW. 3	NE. 1	0	1	10	4	....	.. .
11	59.2	60.9	62.3	60.8	- 0.2	58.4	62.6	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	5	3	0	3	....	....
12	62.8	64.1	64.4	63.8	+ 2.7	62.7	64.4	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	0	3	1	....	....
13	61.4	61.1	61.6	61 4	+ 0.3	61.0	63.7	NE. 3	NE. 3	NE 2	NE. 3	10	4	8	7	. .	....
14	62.2	63.7	65.4	63.8	+ 2.6	61.9	65.4	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	0	0	0	0	....	....
15	64 8	68.4	69.2	67.5	+ 6.2	61.8	69.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
16	68.1	68 3	67.3	67.9	+ 6 5	66.7	68.8	calme	calme	SW. 1	calme	0	0	0	0	....	. . .
17	65.4	65.6	66.5	65.8	+ 4.3	65.3	66.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW 1	10	9	10	10	....	...
18	65.7	65.6	65.5	65.6	+ 4.1	65.1	66.2	NE. 1	SW. 3	SW. 3	SW. 3	0	5	8	4	....	....
19	64.0	63.0	62.6	63.2	+ 1.6	62.6	65.1	SW. 4	SW. 4	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	5.0	8
20	64.1	65.1	69.0	66.1	+ 4 4	62.8	70.6	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	2.0	2
21	71.7	74.2	75.2	73.7	+11.9	71.1	**75.2**	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	5	0	2	....	....
22	74.6	74.6	73.7	**74.3**	**+12.4**	72.8	75.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	. . .
23	71 5	70 7	69.4	70.5	+ 8.5	68.4	72.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	0	1	.. .	....
24	67.0	66 7	66.2	66.6	+ 4.5	66.0	68.4	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	9	8	10	9	....	....
25	65.6	66.0	65.8	65.8	+ 3.6	65.0	66.0	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	.. .
26	64.2	64.0	65.5	64.6	+ 2.4	64.0	65.7	SW. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	....	...
27	64.0	63.3	62.2	63.2	+ 0.9	61.8	64.9	NE. 2	SW. 2	NE. 1	NE. 1	8	10	5	8	9.0	9
28	60.1	61.8	62.4	61.4	- 1.0	60.0	62.4	NE. 3	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	6	5	7	4.1	2
29	60.8	59.3	57.5	59.2	- 3.3	56.9	62.0	NE. 1	SW. 2	NE 1	NE. 1	10	10	10	10	**12.2**	4
30	56.1	56 5	58.4	57.0	- 5.6	56.1	58.9	NE. 1	SW. 2	NE. 2	NE. 2	3	5	1	3	....	....
Mois	61.77	62.12	62.40	62.10	+ 0.47							5.5	5.7	5.5	5.6	52.2	09

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 4.5	- 0.3	- 3.2	- 2.7	+ 2.8	- 5.5	+ 0.1	93	81	95	90	66	96
2	- 4.4	- 0.1	- 3.3	- 2.6	+ 2.8	- 5.7	0.4	94	71	96	87	63	98
3	- 3.4	- 0.4	- 7.3	- 3.7	+ 1.5	- 7.7	+ 0.4	97	89	95	94	72	98
4	-10.6	- 9.2	- 9.5	- 9.8	- 4.7	-13.7	- 8.0	92	86	95	91	73	97
5	-12.2	-11.2	-12.3	-11.9	- 6.9	-13.0	-10.1	91	91	87	90	79	93
6	-13 3	-10.5	-14.4	**-12.7**	**- 7.8**	-14.7	- 9.9	87	87	80	85	74	90
7	-14.2	-10.3	-11.5	-12 0	- 7.3	-15.0	- 7.8	52	77	86	72	42	88
8	-14.2	- 7.4	-11.6	-11.1	- 6.5	**-15.1**	- 6.1	84	75	94	84	56	96
9	-10.6	- 5.6	- 9.2	- 8.5	- 4.0	-12.7	- 3.9	51	59	91	67	39	93
10	-10.4	- 2.4	- 7.5	- 6.8	- 2.5	-12.1	- 1.8	65	45	95	68	34	97
11	- 8.4	- 1.5	- 7.4	- 5.8	- 1.6	-10.0	- 0.4	95	67	84	82	42	96
12	- 7.5	- 2.1	- 5.6	- 5.1	- 1.0	- 9.8	- 0.1	74	61	89	75	43	91
13	- 6.5	- 5.5	-10.4	- 7.5	- 3.5	-11.0	- 5.0	96	66	93	85	51	98
14	-12 4	- 5.3	- 7.3	- 8.3	- 4.5	-14.0	- 2.8	63	53	61	59	36	83
15	- 5.4	+ 0.8	- 2.4	- 2.3	+ 1.4	- 8.1	+ 2.4	32	37	44	**38**	**21**	50
16	- 1.3	2.1	- 1.5	- 0.2	+ 3.3	- 2.3	6.1	43	45	85	58	26	89
17	- 2.4	+ 0.2	- 1.2	- 1.1	+ 2.3	- 3.0	3.2	92	76	89	85	56	94
18	- 3.2	- 0.3	- 2.2	- 1.9	+ 1.4	- 4.8	+ 1.1	67	68	85	73	50	88
19	- 3.5	- 3.2	- 4.2	- 3.6	- 0.5	- 4.7	- 2.0	100	100	100	100	77	100
20	- 3.4	+ 0.2	- 4.4	- 2.5	+ 0.5	- 4.8	+ 2.1	97	84	96	92	72	99
21	- 2.4	1.2	- 1.2	- 0.8	+ 2.0	- 5 7	6.2	80	61	81	74	36	85
22	- 0.3	3.8	+ 0.1	+ 1.2	+ 3.9	- 1.5	8 8	48	40	75	54	24	81
23	+ 0.1	4.8	0.0	+ 1.6	+ 4.2	- 2.0	7.3	56	53	75	61	31	82
24	- 0.1	0.1	- 0.2	- 0.1	+ 2.3	- 1.0	6.4	92	60	100	84	53	100
25	+ 0.3	7.6	+ 2.6	**+ 3.5**	**+ 5.8**	- 2.0	**10.0**	72	41	73	62	36	81
26	+ 1.2	1 8	- 2.6	+ 0.1	+ 2.2	- 2 8	6.1	92	89	100	94	47	100
27	- 1.8	+ 0.2	- 2.5	- 1.4	+ 0.6	- 4.5	3.9	61	57	90	69	38	93
28	- 4.5	0.0	- 4.6	- 3.0	- 1.2	- 5.5	1.5	96	73	62	77	30	98
29	- 0.6	- 0.4	- 4.2	- 1.7	0.0	- 4.8	1.4	89	85	95	90	64	98
30	- 6 2	- 2.8	- 5.6	- 4.9	- 3.3	- 8.2	+ 0.6	80	58	85	74	42	91
Mois	- 5.54	- 1.86	- 5.15	- 4.18	- 0.91	- 7.52	+ 0.34	78	68	86	77		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500^{mm} + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	55.98	56.08	56.20	56.09	81	76	91	83
2e »	63.77	64.58	65.38	64.59	76	66	83	75
3e »	65.56	65.71	65.63	65.63	77	62	84	74
Mois	61.77	62.12	62.40	62.10	78	68	86	77

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 9.78	— 5.74	— 8.98	— 8.17	— 8.37
2e »	— 5.40	— 1.46	— 4.66	— 3 84	— 4.04
3e »	— 1.43	+ 1.63	— 1.82	— 0.54	— 0.86
Mois	— 5.54	— 1.86	— 5.15	— 4.18	— 4.42

Dans ce mois l'air a été calme 22 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{72}{63} = 1.14$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	17.6	17.3	20.1	52.2
Neige en centimètres....	—	1	10	60

LES

RETOURS DE FROID EN JUIN

A GENÈVE

et au Grand Saint-Bernard

PAR

Raoul GAUTIER
Directeur de l'Observatoire de Genève

ET

Henri DUAIME

(Avec la planche II)

I

Les retours de froid du mois de mai peuvent avoir une influence néfaste sur la végétation, beaucoup plus que ceux de juin. Il n'est donc pas étonnant qu'ils aient été l'objet de nombreuses monographies. Nous en avons parlé ici même[1], à la suite de beaucoup d'autres, et sommes arrivés, comme eux, à la conclusion qu'il y a presque toujours des retours de froid au mois de mai, mais que la mauvaise réputation des Saints de Glace, les 11, 12 et 13 mai, est usurpée. En réalité les retours de froid ne se manifestent pas plus souvent à ce moment-là qu'à d'autres époques du mois, si l'on dispose d'une série d'années d'observations suffisamment longue.

Les retours de froid en juin ont été signalés seulement au cours du dernier quart du XIXe siècle et, d'après les études qui leur ont été consacrées, ils semblent se manifester d'une façon plus intense que ceux de mai et se présenter, en Europe, durant

[1] *Archives*, 1903, vol. XV, p. 545 : « Quelques chiffres relatifs aux Saints de Glace ».

la seconde décade du mois. Les principaux travaux qui traitent de ce sujet sont :

1) Un article de M. le prof. G. Hellmann dans les *Annales de Poggendorff*, vol. 159, octobre 1876; en extrait dans la *Zeitschrift der œsterreichischen Gesellschaft für Meteorologie* 1877, vol. XII, p. 1, article intitulé : « Ueber die Sommer-Regenzeit Deutschlands ».

2) Un article de M. le Dr Krankenhagen dans la *Meteorologische Zeitschrift* 1884, vol. I, p. 11, intitulé : « Die Vertheilung des Luftdrucks über Mittel-Europa im Juni ».

3) Une monographie de M. W. Marten : « Ueber die Kälterückfälle im Juni », publiée en 1902 dans les *Abhandlungen des K. Preussischen Meteorologischen Instituts,* vol. II, n° 3.

4) Une note publiée dans *Ciel et Terre*, 23e année, 1903, par M. Luizet, sous le titre : « Sur les perturbations périodiques de la température en juin et en décembre », et suivie d'une autre note de A. Lancaster.

En traitant les températures du Grand Saint-Bernard de 1852 à 1901, nous avions trouvé, pour la deuxième décade de juin, une température moyenne inférieure, non seulement à celle de la dernière, mais aussi à celle de la première[1].

Nous avons repris cette étude, non seulement pour le Grand Saint-Bernard, mais aussi pour Genève, en considérant non plus les températures des *décades*, mais celles des *pentades* de juin, comme dans la plupart des publications citées ci-dessus ; c'est le résultat de ce travail que nous avons déjà communiqué brièvement à la 93e réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Bâle en 1910[2].

Dans les pages qui vont suivre, nous voudrions d'abord résumer les conclusions auxquelles sont arrivés MM. Hellmann, Marten, etc., et étudier ensuite ce que la considération des séries de Genève et du Grand Saint-Bernard apporte comme contribution à cette question intéressante.

[1] Climatologie du Grand Saint-Bernard. Température et précipitations. *Compte rendu des travaux du Neuvième Congrès international de Géographie*, vol. II, p. 466.

[2] *Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft*, 93. Versammlung. Bâle 1910, vol. I, p. 328; et *Archives*, 1910, vol. XXX, p. 314.

II

Si nous nous attachons plus spécialement à la monographie de M. Marten, c'est qu'elle est plus récente que les autres travaux, les complète et en étend les résultats. Les conclusions de ce travail sont formulées par l'auteur (p. 20) de la façon suivante :

« 1. Les retours de froid de la seconde décade de juin se présentent comme un phénomène particulier dans la marche régulière de la température ; ils affectent une zone européenne qui débute par une bande étroite sur la mer du Nord et qui s'étend sur l'Europe centrale en s'élargissant graduellement du nord-ouest au sud-est. Les limites de cette zone passent, à l'ouest, par l'Angleterre et la France ; à l'est, par la Scandinavie du nord-est, la Russie occidentale, pour aboutir à la mer Noire.

« 2. Le retour de froid se manifeste d'abord sur le nord-ouest de cette région et apparaît un peu après sur le sud-est, tout en augmentant d'intensité.

« 3. Le retour de froid est causé par le transport de masses d'air froid venant de régions situées plus au nord et correspondant à une distribution caractéristique des pressions. (Une série de cartes dessinées par M. Marten, illustre d'une façon parlante cette répartition des pressions.)

« 4. On trouve une confirmation de ce résultat dans le fait que la région des retours de froid coïncide avec celle où, d'après la loi de Buys-Ballot, soufflent des vents du nord et du nord-ouest. On ne pourra attendre une explication complète du problème que lorsqu'on connaîtra les causes qui amènent la répartition des pressions. caractéristique des retours de froid. La possibilité de cette solution n'existe pas encore, mais on peut bien admettre comme certain que la circulation générale de l'air y joue un rôle important, à côté des conditions thermiques différentes pour la terre et la mer. »

Les conclusions de M. Marten confirment en général celles de M. Hellmann de 1877 ; sauf que celui-ci, disposant d'un ensemble plus ancien et moins étendu d'observations, trouvait que les retours de froid étaient plus intenses dans la partie

occidentale que dans la partie orientale de la région où ils se produisent. Il est à remarquer, d'autre part, que, en ce qui concerne la zone de l'Europe où l'on constate le retour de froid en juin, M. Marten a pris en considération les observations de 101 stations, mais seulement pour la période de 1884 à 1893.

Puis si l'on regarde d'un peu plus près les documents sur lesquels sont basées les deux premières conclusions générales de M. Marten, on est immédiatement frappé d'une dissemblance dans la longueur des séries thermométriques des 42 stations pour lesquelles il donne les températures moyennes des pentades de juin. En effet, sur les 42 séries, 32 correspondent à des périodes de 28 à 54 ans, avec une forte prépondérance de celles de 45 à 50 ans. Il y a une série de 70 ans, une de 80 et 8 de 100 à 138.

Les séries plus courtes, à l'exception de Genève, correspondent probablement à des observations faites dans la seconde moitié du XIXe siècle. Celle de Genève va de 1826 à 1875. Les séries longues vont naturellement plus loin en arrière. Il n'y a donc pas, en ce qui concerne les durées, toute l'homogénéité qui serait désirable.

Or, si l'on examine les longues séries, on trouve que, pour plusieurs d'entre elles, le retour de froid au milieu de juin n'existe pas. C'est le cas pour Milan (110 ans), Paris (130 ans). St-Pétersbourg (118 ans) et Wilna (105 ans). En revanche pour Breslau (100 ans) et Vienne (125 ans), le retour de froid se manifeste. Pour Turin (138 ans) et Varsovie (100 ans), il y a simplement arrêt dans l'ascension graduelle de la température.

Parmi les séries courtes, seules, celles de Baltischport, Bruxelles, Greenwich, Jekaterinbourg, Königsberg, Lugau et Madrid, n'accusent aucun retour de froid. Mais, pour plusieurs, leur situation géographique les place en dehors de la zone où le phénomène se manifeste. Ce n'est cependant pas le cas pour Königsberg, Lugau et Bruxelles. Pour cette dernière station, nous savons par les indications de Lancaster [1] que « le refroidissement du milieu du mois était, antérieurement à 1881,

[1] Note de MM. Luizet et Lancaster citée plus haut, *Ciel et Terre*, 23e année, 1903.

beaucoup plus atténué qu'aujourd'hui », et a été très accusé pour la période plus récente. A Lyon, par contre, que M. Marten ne cite pas, le retour de froid s'est manifesté depuis 1854 et jusqu'à 1902, mais moins fort de 1854 à 1878.

Quant à Genève, qui nous intéresse plus particulièrement, M. Marten a utilisé les chiffres de la période de 1826 à 1875, publiés par Plantamour dans ses « Nouvelles études sur le climat de Genève » (page 39). Ils ne correspondent pas aux mêmes époques que la plupart des autres séries ; et, comme nous le verrons, après 1850 et jusqu'à maintenant, le retour de froid se manifeste, à Genève comme ailleurs, au milieu du mois. Il nous a donc paru intéressant de rechercher ce que devient le retour de froid en juin à Genève, en prolongeant la série de Plantamour en avant jusqu'à l'époque actuelle, et en arrière par les anciennes observations dont nous disposons.

III

Le calcul des températures moyennes des *pentades,* inauguré par Plantamour pour Genève, a été continué jusqu'à ces dernières années. Pour les années antérieures, il ne peut pas être exécuté de la même façon. En effet, les observations se faisaient avant 1826, à des heures différentes, et l'on ne peut établir d'une façon sûre, des températures absolues. Mais il s'agit ici uniquement de relations de températures de pentades successives, et les chiffres que nous possédons suffisent à ce calcul relatif. On peut donc se contenter des observations telles qu'elles ont été publiées, mensuellement, dans les bulletins météorologiques de la *Bibliothèque britannique* de 1796 à 1815, et dans ceux de la *Bibliothèque universelle*, *Sciences et Arts*, de 1816 à 1825.

Pendant cette période de 30 ans, les observations se sont faites successivement en trois endroits différents, au lever du soleil et à 2 h. de l'après-midi. Leur moyenne correspond donc à peu près à la moyenne du minimum et du maximum. Au reste, peu importe ici la valeur de la température absolue, puisque, comme nous l'avons déjà dit, il s'agit seulement des différences entre les températures des pentades. Ces températures, qui sont publiées en degrés Réaumur, ont naturellement, pour ce travail, été transformées en degrés centigrades.

Pour toute la série de 1796 à 1910, nous avons établi les différences des températures des six pentades de juin avec la température de la dernière pentade de mai (26 à 30 mai), et ce sont ces différences qui figurent au tableau suivant. La température qui nous a servi de base sera représentée par O, et nous désignerons par les chiffres romains I à VI les températures moyenne des six pentades de juin. Les désignations sont donc :

O =	Température	moyenne	de la pentade du	26 au 30 mai
I =	»	»	»	31 mai au 4 juin
II =	»	»	»	5 au 9 juin
III =	»	»	»	10 au 14 »
IV =	»	»	»	15 au 19 »
V =	»	»	»	20 au 24 »
VI =	»	»	»	25 au 29 »

Et les colonnes du tableau suivant correspondent aux différences I — O, II — O,... à VI — O.

Différences, par lustres, des températures des pentades de juin (I à VI) avec celle de la dernière pentade de mai (O)

PÉRIODE	I—O	II—O	III—O	IV—O	V—O	VI—O
	°	°	°	°	°	°
1796—1800	-1.55	**-2.03**	-1.02	**-1.28**	-1.09	0.72
1801—1805	-0.20	1.55	**0.81**	**0.45**	1.43	**1.20**
1806—1810	-2.42	-1.01	-0.10	0 80	**0.48**	0.89
1811—1815	1.03	1.10	1.95	**0.98**	**-1.10**	-0.39
1816—1820	1.19	2.84	3.02	**2.66**	3.47	4.97
1821—1825	3.34	**2.94**	3.49	3.60	**2.25**	3.66
1826—1830	2.25	**-0.23**	1 58	2.37	3.12	3.80
1831—1835	0.74	1.60	2.87	**2.74**	4.68	**1.75**
1836—1840	0.90	**0.49**	2.79	5.25	**5.03**	**3.89**
1841—1845	1 15	**0.87**	2.30	2.52	2.56	**1.98**
1846—1850	0.72	**0.40**	**-0.66**	-0.11	1.55	2.37
1851—1855	0.81	3.20	3.20	**1.73**	2.60	4.86
1856—1860	2.33	2.82	3.01	**2.80**	2.87	6.36
1861—1865	0.37	0.45	**-1.40**	-0.38	0.94	**0.60**
1866—1870	-0.48	-0.33	0.86	**-0.75**	1.51	1.87
1871—1875	0.49	0.92	2.03	**1.91**	2.46	**1.71**
1876—1880	2.00	3.55	**3.29**	**2.76**	4.68	4.67
1881—1885	0.56	**-1.18**	**-2.27**	-0 27	0.79	3.10
1886—1890	2.63	3.45	**1.50**	**1.30**	2.62	3.52
1891—1895	1.70	**1.25**	**1.07**	1.54	3.13	5.17
1896—1900	2.64	4.29	**3.08**	**2.80**	3.62	**3.45**
1901—1905	1.24	**-0.24**	**-1.27**	**-1.98**	0.06	1.77
1906—1910	1.47	**0.03**	0.38	2.21	**1.90**	2.66

Nous avons naturellement établi ces différences pour toutes les années de la période de 1796 à 1910, mais nous n'en donnons ici que les moyennes par *lustres*, lesquelles suffisent pour marquer les fluctuations graduelles de ces différences. Nous avons imprimé en **caractères gras** toutes les différences qui accusent un recul de la température par rapport à la pentade précédente.

L'examen de ces chiffres montre d'abord que, sauf pour les trois premiers lustres et le quinzième, où la dernière pentade de mai a été relativement chaude, cette pentade est un bon point de départ. Il montre ensuite qu'il y a eu beaucoup de fluctuations dans l'allure de la température au cours du mois de juin.

Pour mieux accuser ces fluctuations, nous avons groupé ces chiffres en quatre périodes de 30, 25, 25 et 35 ans, figurant au tableau suivant, et dessiné les courbes correspondantes sur la figure 1 de la planche.

Puis nous avons reproduit les chiffres de Plantamour (1826-1875), nous leur avons adjoint les 35 années jusqu'à 1910 et nous avons enfin réuni tous les chiffres depuis 1796 en une moyenne générale de 115 ans. Les courbes correspondant à ces trois moyennes sont données dans la figure 2 de la planche. On peut ainsi mieux se rendre compte de l'allure de la température au mois de juin, à Genève, aux différentes époques du XIXe siècle, y compris les années de la fin du XVIIIe et celles du commencement du XXe.

Moyennes partielles et générale des différences des températures des pentades de juin avec celle de la dernière pentade de mai (1796 à 1910).

PÉRIODE	I—0	II—0	III—0	IV—0	V—0	VI - 0
	°	°	°	°	°	°
1796—1825	0.23	0.90	1.36	**1.20**	**0.91**	1.84
1826—1850	1.15	**0.63**	1.78	2.55	3.39	**2.76**
1851—1875	0.70	1.41	1.54	**1.06**	2.08	3 08
1876—1910	1.74	**1.59**	**0.82**	1.19	2.40	3.48
1826—1875	0.93	1.02	1 66	1.81	2.73	2.92
1826—1910	1.26	**1.25**	1.30	1.55	2.59	3.14
1796—1910	0.99	1.16	1.33	1.46	2.16	2.80

Pour ces différentes périodes, la première pentade, qui porte l'indication O et qui est la dernière de mai (26-30 mai), a les températures moyennes suivantes :

1796—1825	15°,16[1]	1826—1876	14°,90
1826—1850	14,84	1826—1910	14,87
1851—1875	14,96	1796—1910	14,95
1876—1910	14,81		

Il ressort de l'examen de ces tableaux et de ces courbes qu'à aucune époque l'ascension de la température en juin, à Genève, n'a été régulière. Il y a même, pour des périodes d'un quart de siècle environ, un retour de froid plus ou moins bien marqué. Seulement, ce retour de froid ne correspond pas toujours à la même pentade ou même à la même décade du mois. En effet :

Pour la première période, 1796-1825, le retour de froid se manifeste surtout à la cinquième pentade, déjà un peu à la quatrième. Il est d'ailleurs peu accusé.

Pour la deuxième période 1826-1850, il se trouve à la deuxième pentade, et la sixième est aussi plus froide que la cinquième.

Pour la troisième période, 1851-1875, le retour de froid est à la quatrième pentade. Mais si l'on réunit les deux périodes qui correspondent aux 50 années traitées par Plantamour, on trouve la première courbe de la figure 2, qui donne une croissance graduelle de la température du commencement à la fin du mois, comme nous le disions plus haut.

Pour la quatrième période, 1876-1910, le retour de froid est très accusé à la troisième et encore à la quatrième pentade. C'est ce qu'ont constaté, en beaucoup de stations, ceux qui se sont déjà occupés de ce sujet. Et si l'on joignait la troisième à la quatrième période, de façon à réunir la deuxième et la troisième courbe de la fig. 1, on pourrait dire, en pleine concordance avec les conclusions de MM. Hellmann et Marten, mais en ajoutant un élément de période : *durant toute la deuxième moitié du XIXe siècle et le commencement du XXe, il y a eu, en moyenne, un retour marqué de froid à la deuxième décade de*

[1] Cette température, vu le mode de calcul employé, ne peut être considérée comme strictement comparable aux autres. Elle est probablement un peu trop élevée.

juin. Mais les chiffres déduits des observations de Genève, nous obligent à faire une réserve en ce qui concerne les années antérieures, de 1850 à 1796 en arrière.

Si l'on réunit les chiffres moyens de 1826 à 1910, on trouve la seconde courbe de la fig. 2, qui accuse bien un arrêt dans la croissance de la température en juin, mais sans retour de froid positif. Et, si l'on ajoute encore à ces 85 ans, les 30 de 1796 à 1825, on obtient la dernière courbe, où la marche ascendante de la température en juin est continue, mais n'a pas toujours la même allure. L'influence de la période de 1851 à 1910 se manifeste clairement par une atténuation de la hausse graduelle de la température au milieu du mois, mais *il n'y a plus de vrai retour de froid.*

Ainsi donc, en considérant, pour Genève, une période suffisamment longue, nous arrivons à une conclusion analogue à celle que nous trouvions pour les Saints de Glace, où c'est seulement durant la période de 1826 à 1850 qu'ils correspondaient vraiment à des retours de froid accusés en mai. Et de même ici : c'est depuis la seconde moitié du XIXe siècle seulement, que le retour de froid en juin se manifeste, en général, dans la deuxième décade du mois.

Nous ne disposons malheureusement pas ici d'observations des autres stations à longues séries, mais nous croyons qu'il serait intéressant de vérifier sur elles les résultats que nous avons obtenus pour Genève. Nous ne pouvons faire cette vérification que pour le Grand Saint-Bernard.

IV

Au Grand Saint-Bernard, la série des observations homogènes ne commence qu'en 1862. Pour établir des chiffres relatifs comparables, pour les années antérieures jusqu'en 1819 [1], il faut recourir à des combinaisons assez variées des observations qui sont publiées dans les *Archives* et la *Bibliothèque universelle, Sciences et Arts.* Les combinaisons qui nous ont servi sont : moyenne du minimum et du maximum, moyenne des observations de 9 h. matin et 9 h. soir, ou d'autres encore.

[1] Les observations régulières ont commencé en septembre 1818.

Comme il ne s'agissait que d'obtenir des chiffres relatifs, cela n'a pas d'importance majeure.

De même que pour Genève, nous avons calculé ainsi les températures des six pentades de juin et de la dernière pentade de mai, pour chaque année et pour chaque lustre. Puis nous avons formé les différences entre les températures des pentades de juin (I à VI) et celle de la dernière de mai (O). Nous ne les donnons pas toutes ici, mais seulement celles des deux périodes de 25 ans et de celle de 35 ans ; puis pour 1826-1875 et pour la période entière de 1826 à 1910, afin d'établir le parallèle avec les chiffres trouvés plus haut pour Genève.

PÉRIODE	I–O	II–O	III–O	IV–O	V–O	VI–O
	°	°	°	°	°	°
1826—1850	0.89	**0.17**	1.85	1.99	3.28	**2.57**
1851—1875	0.23	1.37	**1.21**	**0.66**	1.85	2.81
1876—1910	1.63	**1.39**	**0.76**	0.83	2.34	3.75
1826—1875	0.56	0.77	1.54	**1.33**	2.56	2.69
1826—1910	1.00	1.02	1.22	**1.12**	2.47	3.13

Si l'on ajoutait le lustre de 1821 à 1825, ou même les sept années de 1819 à 1825, on obtiendrait une courbe toute semblable à celle que donne la série 1826-1910. Nous n'avons pas tracé les courbes ici.

Voici ce que l'on constate en faisant la comparaison entre les chiffres de Genève et ceux du Grand Saint-Bernard : tout d'abord le parallélisme est satisfaisant.

Puis, pour la période de 1826 à 1850, le retour de froid est encore un peu plus accusé au Grand Saint-Bernard à la seconde pentade, et il y a un arrêt sensible dans la hausse de la température à la quatrième.

Pour la période de 1851 à 1875, le retour de froid à la seconde décade est encore un peu plus accusé qu'à Genève.

Et pour celle de 1876 à 1910, il en est de même.

La différence entre les deux stations consiste donc en un refroidissement plus accusé à la quatrième pentade du mois pour toutes les séries. Il en résulte que, pour la série de 1826 à 1875, il y a au Saint-Bernard, un léger retour de froid à la quatrième pentade, qui n'existait pas pour Genève. Et, pour la série complète, 1826-1910, ce retour se manifeste aussi, de sorte

que l'arrêt dans l'ascension de la température en juin y est remplacé par un léger recul.

Peut-être faut-il voir dans ce refroidissement relatif de la quatrième pentade au Grand Saint-Bernard par rapport à Genève, un effet de la fusion de la neige, toujours très intense à ce moment-là à la montagne ? Il y aurait alors, comme nous le disions dans notre communication au neuvième Congrès international de géographie, une cause locale de refroidissement qui s'ajouterait à la cause générale.

Mais à part cette différence, la marche du phénomène est la même au Saint-Bernard qu'à Genève. Et il est plus que probable que si nous disposions d'observations faites avant 1819 et se prolongeant en arrière sur la fin du XVIIIe siècle, nous constaterions que le refroidissement au milieu de juin est remplacé, à cette époque, comme de 1826 à 1850, par un échauffement relatif qui ferait disparaître le retour de froid dans la moyenne de plus d'un siècle.

V

M. Marten, comme M. Krankenhagen, a consacré la majeure partie de son intéressant travail à l'étude de la répartition des pressions en juin, pour expliquer le retour de froid qu'il constatait dans la seconde décade. Ses recherches ont porté sur les cartes synoptiques du temps de la période de 1881 à 1899 et l'ont amené à formuler ses conclusions 3 et 4 (p. 499).

Nous avons, à l'aide des cartes du Bulletin météorologique suisse, poursuivi cette étude de 1900 à 1910, et nous avons trouvé que, dans cette période aussi, se confirmait la concordance reconnue par M. Marten entre les basses températures et l'arrivée de masses d'air froid venant des régions du nord.

Pour les périodes antérieures à 1881 et en tous cas à 1863 [1], les cartes synoptiques n'existent pas, et une étude analogue ne peut pas se faire, mais on peut pourtant, à notre avis, émettre l'idée suivante :

Si le retour de froid en juin ne se manifeste pas, en moyenne,

[1] Le Bulletin météorologique de l'Observatoire de Paris a commencé à paraître cette année-là.

avant 1850, dans la même période du mois de juin qu'après cette date, n'est-ce pas l'indice que la répartition des pressions était, en général dans ce mois, autre de 1826 à 1850 et de 1796 à 1825, qu'elle ne l'a été depuis?

Le retour périodique de froid dans la seconde décade de juin reconnu comme très fréquent dans la deuxième moitié du XIXe siècle, et la répartition caractéristique des pressions qui est en relation avec lui, ne seraient donc pas vraiment périodiques dans l'année, mais ils seraient soumis, avec le temps, à des changements d'époque dont il est encore prématuré de rechercher la périodicité. Ce n'est que l'étude de très longues séries d'anciennes observations et la prolongation des séries actuelles dans l'avenir qui pourra donner la clé de ce problème.

P.-S. — 1° M. le prof. F.-A. Forel me communique les valeurs suivantes des températures moyennes des décades de juin, pour la période qui va de 1887 à 1910, déduites des observations faites trois fois par jour à la station du Champ de l'Air sur Lausanne (altitude 555 m.).

30 mai— 8 juin	16°.79
9—18 juin	15.86
19—28 juin	17.56

Il y a donc, comme à Genève, un recul sensible de la température au milieu de juin pour cette période.

2° Le *Bulletin de la Société astronomique de France* publie dans son numéro de juin 1911 (25e année, p. 269), sous la signature C. F., un diagramme représentant la courbe des températures journalières moyennes à la station de Clarens, d'après les observations faites dans les 25 dernières années par le zélé météorologiste de cette station, M. C. Buhrer. Le retour de froid du milieu de juin se manifeste très clairement, avec minima au 10 et au 15 juin.

3° L'année 1911 à Genève ne constituera pas encore une exception au phénomène de retour de froid en juin constaté en général de 1851 à maintenant. Voici en effet les températures des dernières pentades avec les écarts rapportés aux températures moyennes données par Plantamour.

1911	Températures	Ecart
26—30 mai	17°.6	+ 2°.8
31 mai— 4 juin	16.6	+ 1.2
5— 9 juin	19.1	+ 3.0
10—14 juin	14.3	- 2.3

R. G.

LE PROCESSUS RADIOACTIF
DE TRANSFORMATION

PAR

le Dr Paul GRUNER

Professeur de physique théorique à l'Université de Berne

I. — *Le processus de transformation*

La découverte de la radioactivité induite et sa décroissance régulière ont conduit à l'hypothèse que les phénomènes de radioactivité devaient certainement être dus à une transformation de la substance radioactive; les expériences de Ramsay, qui démontrèrent déjà en 1903 la formation d'hélium à partir de l'émanation de radium, vinrent confirmer cette hypothèse.

Mais la première preuve directe d'une transformation de ce genre a été donnée par les expériences de M. Crookes en 1903, puis plus tard par H. Becquerel, sur l'urane. Crookes cherchait à retirer de l'urane un noyau radioactif, et trouva en effet qu'en précipitant une solution pure d'un sel d'urane avec du carbonate d'ammoniaque, et en faisant dissoudre le précipité dans l'excédent, il restait des traces d'un précipité très actif qui provenait certainement de petites impuretés, tandis que la solution du sel d'urane qui restait avait perdu son rayonnement β primitif. Crookes donna à ce précipité radioactif le nom d'urane X.

Il semblait qu'on devait en conclure que l'urane lui-même n'était pas une substance radioactive, mais qu'il ne paraissait radioactif que pour autant qu'il contenait des traces de ce corps inconnu U.X. Mais les expériences qui suivirent devaient conduire à des résultats surprenants. Pendant longtemps l'on

[1] Pour donner une idée de la valeur du *Lerhbuch der Radioaktivität* que nous signalons dans notre bulletin bibliographique à l'attention de nos lecteurs, nous ne pensons pouvoir mieux faire que de reproduire ici une traduction française d'un des chapitres qui ont été le plus largement complété et remis au point dans l'édition qui vient de paraitre. (*Réd.*)

observa le rayonnement β de l'urane X; l'on étudia aussi au point de vue de sa radioactivité le sel d'urane qui était resté. Et l'on trouva que le rayonnement β diminuait graduellement, tandis que le sel d'urane reprenait petit à petit sa radioactivité. Après 22 jours, l'urane X avait déjà perdu la moitié de sa radioactivité, tandis que le sel d'urane avait repris la moitié de la sienne. Ce phénomène s'était produit entièrement de lui-même, sans aucune influence extérieure. Ce processus avait lieu d'une manière absolument régulière, d'après une loi simple, facile à représenter au moyen d'une fonction exponentielle (voir figure) :

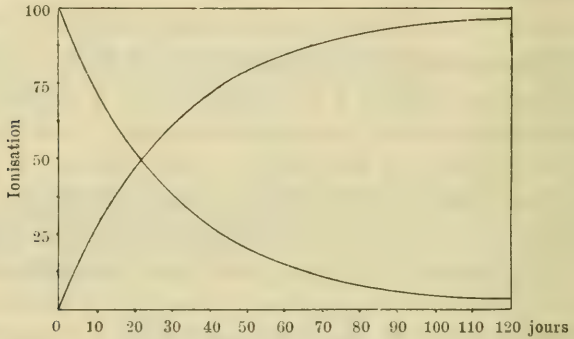


Fig. 1

au bout de quelques mois l'urane X était devenu définitivetivement inactif, tandis que l'urane avait repris la totalité de son rayonnement β. (Le rayonnement α. que l'on ne connaissait pas à ce moment, ne suit pas ce processus ; l'urane, dépouillé de l'urane X, possède encore une certaine activité inchangée et durable.)

Ce phénomène, par la suite, fut observé selon les méthodes les plus diverses et toujours confirmé. On peut le répéter aussi souvent qu'on le désire avec la même préparation, parce que l'urane X s'y régénère continuellement.

Le processus tout entier peut être envisagé de la manière suivante : l'urane est et reste l'élément radioactif essentiel, primaire, qui est soumis spontanément et continuellement à un processus de transformation. Au cours des siècles il se transforme, et cette transformation se produit de deux manières : 1° Continuellement il se détache de l'urane une substance inconnue, l'urane X, analogue à l'urane. 2° Continuellement l'urane émet de petits corpuscules qui se répandent autour de lui sous

forme de rayons α. Cette transformation se poursuit en toutes circonstances ; c'est pourquoi l'urane émet toujours des rayons α, et qu'au bout d'un certain temps il est toujours saturé à nouveau d'urane X. Cet urane X se transforme à son tour en une nouvelle substance, inconnue, ce qui donne lieu également à une émission : mais cette fois ce sont des électrons négatifs, soit des rayons β. Le rayonnement β de l'urane ne provient donc que d'une manière secondaire de l'urane X qui y est accumulé et ce processus se continue aussi longtemps que le sel d'urane n'est pas modifié : l'urane se transforme en urane X en émettant des rayons α, l'urane X se transforme en un produit final inactif en émettant des particules β; un corps qui contient de l'urane présente donc continuellement un rayonnement α et un rayonnement β. Mais si l'on sépare au moyen d'une réaction chimique l'urane X de l'urane, le sel qui reste conserve une radioactivité primaire, c'est-à-dire qu'il émet des rayons α et qu'il forme lentement un nouvel urane X. Mais le rayonnement β a disparu et ce n'est que peu à peu que l'urane X qui se reforme émet son rayonnement β; après 22 jours, la moitié de l'urane X perdu est remplacé; après des mois l'état primitif d'équilibre est rétabli. L'urane X fraîchement déposé accomplit par contre son processus de désagrégation avec une sûreté absolue ; il se transforme continuellement, en émettant au début un fort rayonnement β ; mais comme il est séparé de sa substance mère l'urane. il ne peut pas se reformer à nouveau et déperd. Après 22 jours, la moitié de l'urane X est détruite et après quelques mois toute trace en a disparu, le rayonnement β est définitivement éteint. C'est ainsi que l'urane est le corps radioactif primaire qui peut pour un temps perdre son urane X et son rayonnement β, mais qui se régénère toujours de nouveau, tandis que l'urane X est un corps radioactif secondaire qui émet bien le rayonnement primaire, mais qui abandonné à lui-même est destiné à une destruction certaine.

Ce processus de transformation de l'urane ne resta pas seul de son espèce ; on le reconnut bientôt pour le thorium. Si l'on précipite la solution d'un sel actif de thorium avec de l'ammoniaque en excès. le précipité d'oxyde de thorium est inactif et l'activité a passé dans la solution. Si l'on fait évaporer la solution filtrée, il reste un résumé minime (composé surtout d'im-

puretés), et qui a concentré la totalité de l'activité. Là aussi, par conséquent, il s'est détaché un corps inconnu, le thorium X, et là aussi l'on retrouve le même cycle, avec cette seule différence que les choses vont beaucoup plus vite que pour l'urane.

L'activité du thorium X diminue, celle du thorium qui est resté augmente, et la loi réglant ces variations est donnée par une fonction exponentielle simple, d'après laquelle l'activité diminue ou augmente de moitié en 4 jours environ.

Le radium présente également un processus de transformation de ce genre. D'un sel de radium naît toujours l'*émanation,* un gaz radioactif qui reste enfermé pour la plus grande partie dans les préparations de radium. Mais si l'on chasse cette émanation de la préparation, soit en la chauffant, soit en faisant dissoudre le sel de radium dans l'eau et en évaporant ensuite rapidement la solution, une grande partie de l'activité s'en va avec l'émanation, et il ne reste que 25 % environ du rayonnement actif α primordial ; l'on nomme une préparation de radium traitée de la sorte *désémanée* (entemaniert). Pendant que d'une part l'émanation qu'on a recueillie et abandonnée à elle-même perd petit à petit son activité, et qu'elle en perd la moitié en 4 jours environ, le radium désémané, d'autre part, commence pendant le même temps à présenter une activité qui va en augmentant et, après quelques semaines, il a repris son activité entière. L'émanation a été régénérée dans le radium et le processus peut se répéter indéfiniment.

Le même processus de transformation se reproduit encore entre l'émanation et ce qu'on appelle l'*activité induite.* Lorsqu'on place de l'émanation fraîche dans un vase de verre, et qu'on observe son pouvoir ionisant à l'extérieur, on ne remarque d'abord aucune activité, le rayonnement α n'ayant pas le pouvoir de traverser les parois du vase. Bientôt, cependant, commencent à se manifester un rayonnement β et un rayonnement γ dont l'intensité va en croissant rapidement, et qui a doublé au bout de 28 minutes et a atteint son maximum après deux heures et demie environ. Si l'on souffle alors dans le vase pour en faire sortir l'émanation, il se dégage toujours des parois du vase un rayonnement β et un rayonnement γ, ensorte qu'il faut admettre qu'en se transformant l'émanation a laissé un *dépôt actif* sur

les parois du vase. Mais ce dépôt, abandonné à lui-même, perd rapidement son activité; les rayonnements β et γ déclinent de moitié en 28 minutes environ, selon une courbe représentée par une fonction exponentielle.

On voit donc que le même principe de transformation se retrouve de point en point dans toutes les substances radioactives.

Une substance primaire (par exemple le radium) se transforme, sous l'impulsion d'une force intérieure inconnue, continuellement et de lui-même en une nouvelle substance (par exemple l'émanation); dans la règle, cette transformation a lieu en même temps qu'une émission de rayons α; elle est donc liée à une déperdition de matière, et signifie en quelque sorte une décomposition de la substance primaire. Souvent cette décomposition est accompagnée d'un rayonnement β et du rayonnement γ qui est lié au rayonnement β. La substance nouvellement formée que l'on désigne sous le nom de *produit de transformation* de la substance primaire commence à son tour un processus semblable et donne lieu, avec une même série de phénomènes, à un nouveau produit de transformation (par exemple transformation du radium A dans le dépôt actif). Le processus peut continuer ainsi de suite en passant par les variations les plus diverses (il peut se trouver des produits de transformation sans rayonnement susceptible d'être observé) jusqu'à ce que l'on arrive à un produit qui semble présenter un caractère stable et ne subit plus de transformation.

Si l'on sépare un produit de transformation des produits précédents et de la substance mère, ce produit passera par toutes les étapes suivantes pour arriver à un *produit final inactif*. En même temps, la substance mère primaire régénérera, en passant par les étapes successives, le produit qui a été séparé d'elle, et acquerra à nouveau toute son activité du début.

Il faut bien considérer que toutes ces désignations ne sont que relatives. La substance « primaire » peut n'être elle-même qu'un produit de transformation d'une substance inconnue et ne posséder, par conséquent, qu'une durée d'existence peut-être très longue, mais limitée. Peut-être aussi le produit final inactif peut-il n'être qu'une étape de transformation et se révéler comme radioactif s'il est soumis à un examen plus approfondi.

Mais en tous cas ce processus de transformation est caractéristique de l'existence de la radioactivité, et l'on peut donner la définition suivante : *Une substance radioactive est une substance qui est soumise d'une façon continue et spontanément à un processus de transformation, qui est accompagné, dans la règle, d'un rayonnement corpusculaire.*

Mais il est important de constater que ces processus de transformation ont lieu d'une manière caractéristique et invariable, soit selon une loi exponentielle simple, dont la constante, la *constante de transformation* ou *constante de déperdition* est, comme l'expérience l'a prouvé, absolument invariable. Cette constance du processus de transformation est très remarquable en ce qui concerne par exemple l'émanation. Celle-ci peut être soumise aux pressions les plus fortes; on peut la faire passer sur du noir de platine chaud, sur du chromate de plomb chauffé à rouge, sur de la poudre de magnésium ou sur de la poussière de zinc en fusion; on peut la mélanger à de l'oxygène et la soumettre plusieurs heures à la décharge électrique sur une solution de KOH (Kalilauge). son processus de décomposition n'en est changé en rien. Curie l'a soumise à des températures de —180° à +450° sans avoir constaté aucune influence de la température, et si quelques physiciens croient avoir constaté une faible influence de la température, il semble cependant que les dernières observations de Schmidt et Cermak témoignent que, *jusqu'à des températures de 1500°, il ne se produit aucune variation de la constante de transformation de l'émanation du radium et de son dépôt actif.*

Il y a dans ce fait une démonstration de la véritable nature du processus de transformation. En ne considérant les choses que superficiellement, on pourrait croire qu'il ne s'agit que de phénomènes chimiques déterminés, peut-être que de décomposition de certains composés d'hélium. Mais la marche tout entière de ce processus est absolument différente de celle d'une décomposition chimique. En effet, premièrement le processus radioactif a lieu de lui-même, sans le concours d'aucun agent provocateur; deuxièmement il est absolument indépendant de la constitution chimique de la substance active (l'urane métallique se transforme absolument de la même manière qu'un sel

quelconque d'urane): et troisièmement il est absolument indépendant de toutes les influences extérieures, en contradiction complète avec tous les phénomènes chimiques qui en dépendent toujours (pression, température, etc.).

Le processus radioactif de transformation doit par conséquent pénétrer plus profondément dans la constitution même du corps qu'un processus chimique.

Ce doit être un produit de décomposition des éléments chimiques eux-mêmes. En se plaçant au point de vue habituel de la théorie atomique, il faut considérer le phénomène de la radioactivité comme un processus de décomposition des atomes,

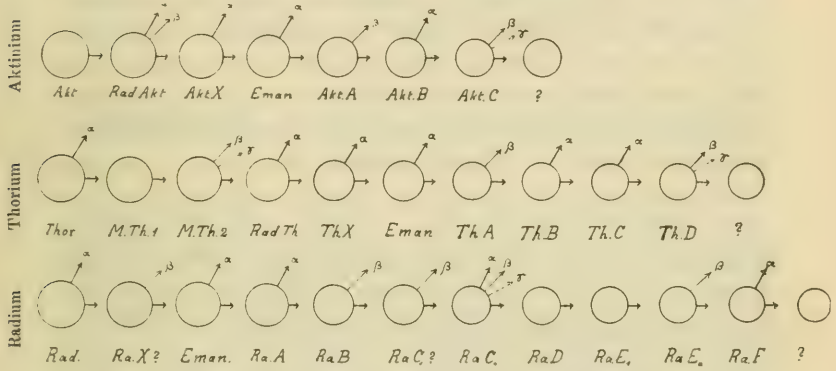


Fig. 2

suivant lequel il y a toujours formation de nouveaux atomes accompagnée d'émission continue de corpuscules α.

Certaines transformations se font sans émission aucune de rayons. Ce sont les processus de transformation sans rayonnement (rayless change) qui ne consistent peut-être qu'en une modification de la structure interne des atomes. Les produits radioactifs qui suivent un processus semblable ne peuvent naturellement pas être démontrés directement, puisqu'ils ne donnent lieu à aucun effet susceptible d'être soumis à l'observation. On ne peut donc conclure que théoriquement à leur existence, qu'on doit admettre partout où un corps primaire apparamment inactif montre petit à petit une activité croissante.

LE PLATINE

ET LES

GITES PLATINIFÈRES DE L'OURAL

PAR

L. DUPARC

Professeur à l'Université de Genève

(Suite et fin[1]*)*

—

GENÈSE PROBABLE DES GITES PLATINIFÈRES PRIMAIRES

Les caractères que présente le platine aussi bien dans les dunites que dans les pyroxénites, ne permettent pas de douter de son origine franchement magmatique, et dans tous les cas ce métal doit être considéré comme un produit de la différenciation de ce magma. Le platine en effet, dans les deux roches en question, moule soit le chromite, soit les cristaux de pyroxène, et se comporte en somme vis-à-vis de ceux-ci comme la magnétite dans la roche que j'ai appelée koswite.

De plus, sous réserve de constatations ultérieures venant infirmer cette observation que j'ai toujours trouvée exacte dans les cas où il m'a été donné de la vérifier, les roches de la double ceinture qui circonscrit les affleurements dunitiques (ou qui se trouve à leur proximité immédiate), sont stériles au point de vue du platine.

C'est en tout cas ce que j'ai constaté au Koswinsky comme au Tilaï, c'est également ce qui paraît être le cas à l'Omoutnaïa, à Taguil et sur l'Iss.

D'autre part les analyses des différents platines de l'Oural montrent que ceux-ci ne sont jamais des associations en quan-

[1] Voir *Archives*, mars 1911, p. 211, avril, p. 322, mai, p. 439.

tité variable de métaux nobles seulement, ils renferment tous une plus ou moins grande quantité de fer et se comportent en somme comme un métal insuffisamment coupellé, la scorie résultat de cette coupellation représentant en l'espèce la roche éruptive elle-même ; *le platine natif est en quelque sorte le produit d'un affinage naturel incomplet.*

Supposons maintenant que le ridement orogénique ait déterminé l'intrusion laccolitique d'une masse M déterminée d'un magma relativement basique dans les formations.

Ce magma amène avec lui le platine et les métaux de son groupe, qui s'y trouvent à l'état de solution comparable en quelque sorte à celle des sulfures métalliques dans les bains de métaux ou de silicates. La masse M va se différencier en donnant successivement, de la périphérie vers le centre, les trois produits *a, b* et *c*; *a* représente les roches leucocrates types relativement acides et feldspathiques qui forment la ceinture externe. *b* les termes plus basiques de la première ceinture, soit les pyroxénites tilaïtes et les roches analogues, *c* enfin représente le terme le plus profond et le plus basique, la dunite. Ces trois termes ne sont d'ailleurs pas égaux, le terme *c* notamment est notablement inférieur à la somme des deux autres. Par ces différenciations successives le platine contenu initialement dans le magma est progressivement concentré dans le terme *c*, soit la dunite. Au cours de la cristallisation de celle-ci il se séparera comme un produit de coupellation d'autant plus parfaitement affiné que le fer auquel il était allié sera plus complètement fixé après oxydation préalable, pour la formation de l'olivine ainsi que celle de la chrômite. L'importance de ce terme *c* est évidemment liée à la grandeur de M et pour certaines valeurs de celle-ci, il ne pourra pas toujours s'isoler comme tel. Dans ces conditions seuls les termes *a* et *b* se formeront, *b* se trouvera donc associé à *c*, et le platine sera entièrement contenu dans les pyroxénites à olivine, d'où la formation des gites primaires dans les pyroxénites.

Il est évident que toutes choses égales d'ailleurs, dans les conditions indiquées, la quantité de platine qui se trouve initialement dans le magma dépend de la grandeur de M, et comme le terme *c* en dépend également, il en résulte que la richesse

des gisements dunitiques doit être directement liée à leur importance. C'est en effet sensiblement ce que l'on observe, le centre de Taguil est incontestablement le plus grand, ce fut aussi le plus riche; les deux centres de l'Iss viennent ensuite comme importance, ils occupent également la seconde place comme richesse. De plus la grandeur des masses ségrégées de platine concentrées en certains points est dépendante du même phénomène. Les plus grosses pépites ont, en effet, été rencontrées à Taguil; je possède toute une série de moulages qui ne laissent aucun doute à cet égard. Des pépites, déjà moins volumineuses et plus rares aussi, ont été trouvées sur les deux centres de l'Iss, principalement sur le Wéressowy-Ouwal. Au Kaménouchky, les plus grosses pépites observées ne dépassaient pas 50 gr. et étaient généralement fort au-dessous de ce poids, au Sosnowsky-Ouwal, l'exemplaire le plus gros qui a été trouvé, pesait 20 gr. A l'Omoutnaïa et au Koswinsky-Kitlim, les plus grandes pépites ne pèsent que quelques grammes seulement.

La dunite draîne en somme à son profit tout le platine qui, originellement s'est trouvé dans une masse déterminée de magma avant sa différenciation. Cette dunite est en tout cas dans l'Oural une roche très profonde, comme on peut s'en convaincre par ce qui suit : L'Oural qui est actuellement presque une pénéplaine compte cependant des chaînes dont l'altitude est voisine de 2.000 mètres et il est plus que vraisemblable qu'originellement cette altitude était triple ou quadruple de celle d'aujourd'hui. Or à Taguil par exemple, nous pouvons aisément fixer le niveau atteint par la dunite; celle-ci, en effet, est recouverte en plusieurs endroits par des chapeaux de pyroxénites, et les profils très exacts que l'on peut lever du gisement dans son ensemble, montrent qu'au point culminant, au Solowieff par exemple, qui cote 700 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, la dunite qui forme ce sommet se trouvait vraisemblablement à quelques mètres seulement au-dessous des pyroxénites que l'érosion a enlevées en cet endroit. Sur d'autres gisements de l'Oural la dunite affleure à une altitude plus grande, mais il est également certain que les pyroxénites qui l'enveloppaient étaient voisines de la surface

érodée de l'affleurement. Les profils des divers gisements montrent aussi que pour tous ceux-ci, ce n'est que la partie relativement voisine de la ceinture pyroxénitique qui a été érodée et a fourni le platine contenu dans les alluvions des cours d'eau actuels. Il est probable que la teneur en platine de cette dunite croît avec la profondeur, si donc cette érosion avait entamé plus profondément ces massifs dunitiques, les alluvions des cours d'eau qui s'y amorcent ou qui les traversent, seraient plus riches que celles que nous connaissons. Une autre conséquence de ce qui vient d'être dit est que dans l'Oural, là où il existe certains massifs pyroxénitiques qui paraissent stériles au point de vue du platine, la dunite existe probablement en profondeur et apparaîtrait à la suite d'une dénudation plus intense.

LA ZONE ORIENTALE DES ROCHES BASIQUES ET LE PLATINE

J'ai déjà montré qu'à l'Est de la zone platinifère des roches basiques, il existe une seconde zone orientée de la même façon, mais moins longue et moins continue, et dans laquelle on trouve également des types pétrographiques plus ou moins analogues. Cette zone, qui, vers le Nord, se termine un peu au delà de Nijne-Toura et qui passe à l'Est de cette localité, est très développée plus au Sud, notamment sur la Taguilskaya-Datcha et au delà ; elle passe très à l'Est d'Ekaterinburg, et est coupée transversalement par la rivière Isset. Je n'ai parcouru que la partie de cette zone qui se trouve au nord de Kouchwa puis celle qui avoisine le cours de la rivière Taguil. Nulle part, je n'y ai rencontré des dunites analogues à celle de la zone orientale des roches basiques; par contre les véritables serpentines y sont très développées et y forment des crêtes et des montagnes entières. Ces serpentines sont accompagnées par des gabbros de types variés et par des roches dioritiques à hornblende quiparfois passent aux schistes amphiboliques.

Nulle part, dans cette zone, on ne connaît des gisements platinifères au sens du mot; les rivières de la région sont fréquemment aurifères, voire même à des teneurs élevées, mais plusieurs d'entre elles renferment à côté de l'or des petites quantités

de platine ou d'osmiures. Tel est par exemple le cas pour la rivière Maloï-Tschourok, puis pour la rivière Aiwa, affluent de la Salda et pour plusieurs petits tributaires de la rive droite de l'Aiwa. C'est également le cas pour une partie du cours du Taguil en aval des confluents des rivières Magdara, Wyja et Tokowaïa, puis pour des petits lojoks affluents de sa rive gauche, et pour la rivière Nyria, la Tokowaïa, etc. Le sol étant partout très couvert et très plat, il est fort difficile de se rendre un compte exact de la géologie des régions de cette zone où la présence du platine a été constatée dans les alluvions des cours d'eau, j'ai cependant pu le faire pour celle des affluents droits de la rivière Aiwa. En effet, à l'Est d'une ligne qui passerait par les localités de Borowaïa-Kouchwa, on trouve d'abord une bande de porphyrites dans laquelle on connaît l'existence de plusieurs cours d'eau exclusivement aurifères. A l'Est de celle-ci, vient une zone de serpentines, qui mesure en certains endroits plus de 10 kilomètres de largeur, et qui, vers l'Est, entre en contact avec des roches amphiboliques (schistes à hornblende dynamiques, diorites schisteuses, etc.). Sur toute l'étendue de la zone ces serpentines sont d'un type uniforme ; nulle part on n'y trouve des dunites ou des pyroxénites. Certains affluents droits d'Aiwa qui sont encaissés dans ces serpentines, sont aurifères, et renferment des petites quantités de platine. Il ne saurait y avoir de doute à cet égard, j'ai, en effet, aux sources mêmes de certains de ces affluents (Birikowsky-log, Soukhoi-log, etc.) et à l'endroit où leurs alluvions étaient déjà aurifères et platinifères, constaté que partout la roche en place était formée par des serpentines, et que les cailloux des alluvions étaient exclusivement constitués par des morceaux de ces mêmes roches. D'autre part le platine n'apparaît dans les alluvions du Tschourok qu'à partir de sa jonction avec la Maloï-Tschourok, qui, elle aussi, provient de la région des serpentines.

Il est donc certain que le platine rencontré dans les alluvions de ces différents tributaires, se trouvait originellement dans ces serpentines. J'ajoute que c'est toujours en très petite quantité. Ainsi, sur l'Aïva, en des endroits où les alluvions titrent 3 à 4 grammes d'or par mètre cube, il faut souvent plusieurs

semaines pour récolter quelques grammes de platine. Ce platine, vu la faible quantité dont je dispose, n'a pu être analysé ; il paraît très riche en osmiures.

Sur la Taguilskaya-Datcha, les relations du platine trouvé dans les alluvions des cours d'eau cités ci-dessus avec la roche en place, sont beaucoup plus obscures. Pour trois petits lojoks platinifères affluents de la rive gauche, qui sont entièrement encaissés dans la serpentine, il ne saurait y avoir de doute, et le Taguil ne devient platinifère qu'en aval de leur confluent ; mais pour la Magdara, la Wyja et la Tokowaïa, nulle part on ne voit affleurer ces serpentines le long de leur cours, mais au contraire seulement des gabbros et roches analogues, or le platine se trouve également en toute petite quantité dans leurs alluvions.

En résumé, dans la zone orientale des roches basiques, le platine rencontré dans certaines rivières toujours en quantité très faible et d'une manière tout à fait accessoire, provient certainement des serpentines qui sont largement développées dans cette zone, et peut-être aussi d'autres roches. Au point de vue pratique ce platine n'a pas d'importance, et il n'existe pas de véritables rivières platinifères au sens du mot dans cette zone qui se distingue à cet égard tout à fait de la bande occidentale des roches basiques.

LE PLATINE DANS LES ALLUVIONS DES COURS D'EAU PLATINIFÈRES

Il existe deux sortes d'alluvions platinifères, celles qui se trouvent dans les lojoks encaissés dans la roche en place, et celles des rivières plus ou moins importantes qui reçoivent ces divers lojoks comme tributaires. Dans les lojoks, aux sources mêmes des cours d'eau platinifères, il existe souvent une couche très épaisse d'alluvions anciennes à la surface desquelles coule le ruisselet contemporain, cette alluvion est fréquemment couverte par des produits éluviaux. Le platine se trouve généralement à la base de cette couche alluviale, et les sables productifs ont une épaisseur variable mais qui dépasse rarement 1 m. 20 à 1 m. 50, et se tient souvent au-dessous de cette limite. Ce n'est pas à dire que

le platine fasse totalement défaut dans le matériel alluvial qui surmonte cette couche, mais il s'y rencontre en petite, voire même en très petite quantité. L'épaisseur du stérile varie beaucoup, elle atteint fréquemment une dizaine de mètres et même davantage, de sorte qu'en beaucoup d'endroits et sur plusieurs gîtes, la couche platinifère est atteinte par des travaux souterrains. Souvent lorsqu'on passe près de l'un de ces lojoks, on ne se douterait guère que tout le sous-sol est miné et exploré par des galeries, c'est à peine si çà et là on voit les puits par lesquels l'alluvion extraite a été sortie.

La disposition qui vient d'être indiquée n'est d'ailleurs pas une règle générale ; chez beaucoup de ces lojoks les alluvions sont exploitées à ciel ouvert, et le stérile a une épaisseur de 2 à 3 mètres au plus. Dans certains cas même, la dépression à peine accusée qui forme le lojok est plutôt remplie par des produits éluviaux à peine remaniés que par une véritable alluvion. A Taguil notamment, on travaille dans chaque petite dépression à peine accusée dans la topographie dès qu'il y a de l'eau pour pouvoir laver le matériel extrait, et souvent même sur les pentes un peu abruptes ou les produits éluviaux, sans avoir été canalisés dans une dépression, sont cependant classés par le ruissellement.

Dans les lojoks encaissés entièrement dans la dunite, les cailloux de l'alluvion sont exclusivement formés par celle-ci et par les roches filoniennes qui la traversent ; parmi ces blocs, on trouve souvent des gros galets de fer chrômé, et les schlichs qui restent sur les sluices après le lavage sont, pour ainsi dire, exclusivement formés de petits octaèdres de chrômite.

La richesse des alluvions des lojoks en platine a été quelquefois fabuleuse, ce fut le cas à Taguil et sur les gisements de l'Iss. Le platine qu'on y rencontre est généralement grossier, peu roulé, et souvent encore enveloppé de fer chrômé. C'est dans les lojoks que l'on a généralement trouvé les plus grosses pépites. Aujourd'hui, sur presque tous les gîtes primaires, les alluvions de ces lojoks ont été complètement travaillées et présentement on relave pour la deuxième et troisième fois les anciens déblais. J'ai souvent entendu dire que ceux-ci exposés à l'air s'effritent, et que, comme ils sont composés en

grande partie de roches dunitiques, cet effritement libère du platine neuf contenu dans les galets. Cette manière de voir est insoutenable après ce que j'ai dit de la richesse moyenne des dunites en platine; il faut, au contraire, admettre que des pelotes d'argile platinifère ont échappé au premier lavage, et que cette argile effritée par les phénomènes atmosphériques, a donné des produits pulvérulents, dont il est alors possible de retenir au second lavage le platine libéré.

Dans les rivières platinifères situées à une faible distance déjà du gîte primaire, la disposition que présentent les alluvions est généralement conforme au schéma suivant :

1. A la surface, de la terre végétale suivie d'une couche plus ou moins épaisse de tourbe. Cette tourbe manque généralement dans les régions où la pente du lit du cours d'eau est rapide; elle se trouve par contre presque toujours là où la rivière coule dans une vallée large et plate, qui est généralement marécageuse.

2. Sous les tourbes, et séparée parfois d'elles par une couche d'argile bleuâtre, on trouve les graviers stériles. L'épaisseur de ces graviers est très variable d'un cours d'eau à un autre, mais oscille généralement entre 0 m. 80 et 2 m. 50; elle atteint exceptionnellement 5 à 6 mètres; le matériel roulé qui les constitue est formé par des roches variées, qui peuvent être très différentes d'un gisement à l'autre.

3. Sous les graviers, on trouve enfin l'alluvion platinifère, qui présente fréquemment un aspect et une couleur différents de ceux des graviers qui la surmontent, et dont les roches qui forment les galets sont parfois aussi en partie différentes. L'épaisseur de l'alluvion platinifère varie entre 0 m. 80 et 2 m. 50, elle dépasse rarement ces deux limites.

4. Sous l'alluvion platinifère vient le bed-rock, qui peut être formé par des roches variées, et qui est toujours profondément altéré. Le platine descend quelquefois très profondément dans ce bed-rock, de sorte qu'il faut toujours l'enlever sur une épaisseur de 0 m. 30 à 0 m. 80. Lorsqu'il est formé par des calcaires qui sont toujours fissurés et plus ou moins karstiens, le platine descend dans les fissures et s'y accumule. Il peut alors arriver très bas, à quelques mètres même au-dessous du fond du lit

de la rivière, et s'accumuler dans de véritables poches qui sont parfois d'une richesse inouïe.

Les cailloux qui forment l'alluvion platinifère sont nécessairement variés, mais il est à remarquer qu'à une très petite distance déjà du centre platinifère primaire cette alluvion ne renferme plus un seul galet de dunite. C'est une règle que j'ai pu vérifier sur tous les gisements platinifères sans exception ; le fait provient de la destruction très rapide de cette dunite, soit pendant le transport dans le cours d'eau, soit par une décomposition in-situ subséquente. La serpentine se comporte tout autrement que les dunites ; ainsi, dans la rivière Wissym, à quelques centaines de mètres du confluent de Roublevik et de Zakharowka, on ne trouve plus de dunite dans les alluvions, tandis que les galets de la serpentine qui accompagne cette dunite dans le gîte primaire, se retrouvent fort loin en aval dans les mêmes alluvions.

L'âge des alluvions couvertes platinifères paraît être partout le même dans l'Oural ; il est post-tertiaire ; en effet, sur l'Iss, à Taguil, à Sosnowka, etc., etc., on a fréquemment trouvé des défenses et des molaires de mamouth, ainsi que d'autres ossements dans les graviers et dans les alluvions mêmes.

La distribution du platine dans les alluvions est naturellement fort variable et dépend de la forme du lit, de la nature des roches traversées, de la présence locale d'affluents platinifères latéraux, etc. Partout où une roche dure forme barre au travers du lit, le platine s'accumule à l'amont comme dans un sluice naturel. Près du centre primaire, le platine est grossier, peu roulé, et souvent même noirâtre ; les petites pépites ne sont point rares. Plus en aval, la grosseur du platine diminue, et il devient généralement plus blanc et plus roulé ; à de très grandes distances du centre primaire, sur la Toura par exemple, il est réduit à l'état de petites paillettes de grandeur uniforme, qui sont martelées par le choc des cailloux. En général, sauf dans les cas d'affluents latéraux platinifères, les teneurs des alluvions diminuent assez régulièrement de l'amont vers l'aval, de plus, sur un profil déterminé, la partie la plus riche se trouve rarement sous le thalweg du lit contemporain de la rivière ; l'axe de l'ancien thalweg suivant lequel les teneurs sont géné-

ralement les plus fortes est en effet souvent rejeté latéralement à droite ou à gauche, et se trouve fréquemment à une distance assez considérable du lit actuel.

Parfois, dans les alluvions de certains tributaires latéraux de quelques grosses rivières platinifères, on trouve du platine en grande quantité alors que de leur source à leur embouchure ces tributaires coulent dans des roches manifestement stériles, dans des calcaires par exemple, ou dans des schistes cristallins. Ce phénomène n'offre rien d'anormal si l'on se représente qu'originellement les nappes alluviales de certaines rivières ont été fort larges et très étendues. Les affluents latéraux qui sont plus jeunes, ont raviné à nouveau ces alluvions en les remaniant localement, et le platine qu'elles renfermaient a subi de la sorte une deuxième concentration. C'est tout particulièrement le cas pour certains tributaires de la partie inférieure de l'Iss (Jourawlik par exemple).

Quelquefois aussi certains cours d'eau ont déposé plusieurs nappes alluviales qui correspondent à des changements successifs de leur lit. La rivière Martian par exemple est dans ce cas, dans la partie supérieure de son cours il existe en effet un ancien lit qui se trouve à l'Est du lit actuel, au pied de la montagne Biélaïa, et à un niveau supérieur ; les alluvions sont enfouies sous une couche profonde de matériaux meubles et d'éluvions. C'est également le cas pour l'Iss; quand on jette un coup d'œil sur la carte des concessions platinifères des régions voisines du cours de la rivière, concessions sur lesquelles on a trouvé du platine et qui sont cependant situées à une distance souvent considérable du lit du cours d'eau actuel, on peut se convaincre tout d'abord de l'étendue du plateau alluvial de cette rivière, et aussi du fait qu'il existe au moins deux lignes distinctes, selon lesquelles ces alluvions ont été déposées.

La présence d'alluvions platinifères dues à ce phénomène dans une contrée dont toutes les roches sont stériles au point de vue du platine, explique alors la présence de celui-ci dans les alluvions de certains cours d'eau importants qui, cependant, n'en devraient pas contenir. Tel est le cas, par exemple pour la rivière Aktaï, qui prend sa source un peu au Nord, et à la hauteur de l'embouchure de l'Iss dans la Toura, et dont les alluvions contiennent des petites quantités de platine.

ANALOGIES ET DISSEMBLANCES DES GITES PLATINIFÈRES CONNUS AVEC CEUX DE L'OURAL

C'est l'Oural qui fournit la presque totalité du platine consommé dans les arts et l'industrie ; cependant, la présence de ce métal a été signalée dans d'autres pays, et dans certaines contrées, il est même exploité régulièrement depuis fort longtemps. C'est en Colombie équatoriale que le platine fut découvert, et depuis le moment où ce métal a acquis une valeur commerciale ce pays n'a cessé d'en exporter, en quantité notablement inférieure toutefois à l'Oural. Dans les conditions actuelles et en l'absence de renseignements précis, il est très difficile de paralléliser les autres gisements du monde avec ceux de l'Oural ; néanmoins, pour certains d'entre eux, la parfaite similitude est incontestable.

Dans la Colombie britannique, le platine est exploité sur la rivière Tulamen, affluent de la Similkamen (et probablement sur quelques-uns de ses affluents). La région a été étudiée par M. Kemp qui en a publié une carte. Le gîte primaire est ici encore une ellipse dunitique qui forme le Mont-Olivine. Cette dunite est circonscrite par une ceinture presque continue de pyroxénites qui passent latéralement à des roches un peu feldspathiques (syénit-pyroxénites), lesquelles sont sans doute l'équivalent partiel ou total de nos tilaites. Du côté N.-O., les dunites entrent en contact avec des schistes quartziteux, puis des granits. Les pyroxénites paraissent être largement développées également, vers l'Est et le Nord-Est, elles sont recouvertes par du miocène.

La dunite a tous les caractères de celle de l'Oural, elle contient de la chromite.

Le platine n'apparaît dans la rivière Tulamen que dès le confluent d'Eagle-Crak ; il se trouve également dans les alluvions de ce dernier affluent, ainsi que dans celles de Slate-Creek, qui, tous deux, ravinent la dunite.

Le platine se présente en pépites généralement associées au fer chromé qui ont des caractères identiques à ceux des pépites de l'Oural. M. Kemp donne cependant le dessin d'une pépite à laquelle adhère encore des cristaux de pyroxène, mais

sans autre explication. Il y a donc peut-être ici deux platines différents. De toute façon le gisement de la rivière Tulamen se présente sous des conditions identiques à celles des gisements de l'Oural.

Dans la Colombie équatoriale. Le platine se trouve dans un grand nombre d'affluents du San-Juan et de l'Atrato (Rio Opogodo, Condoto, etc., etc.). Malheureusement on ne sait rien du gîte primaire. Ce platine est en effet associé à l'or dans les alluvions contemporaines de ces cours d'eau, qui ne sont que des produits remaniés et enrichis d'une vaste nappe d'alluvions plus anciennes qui couvre toute la contrée. Dans la partie supérieure de certains tributaires du San-Juan, on a trouvé des pépites qui, paraît-il, auraient eu encore leur gangue de chromite. S'il en est ainsi, il est vraisemblable que le gisement ou les gisements primaires de la Colombie sont également dans la dunite. J'ai d'ailleurs vu des pyroxénites et des gabbros dans une collection de galets du Condoto.

Au Brésil : Le platine est connu depuis fort longtemps dans les alluvions de certains cours d'eau dans lesquelles il existe en petite quantité; l'étude des gîtes a été faite par M. Hussak[1], qui a résumé ses recherches dans une brochure fort intéressante. Le platine a été trouvé dans plusieurs cours d'eau provenant du flanc Est de la Serra do Espinhaco. Cette chaîne est formée par des gneiss avec intrusions granitiques, des schistes micacés, des itabirites et des conglomérats quartzeux. Les itacolmites sont traversées par des granits, des diabases et des ouralo-gabbros en filons, puis par des roches à pyroxène et amphibole, plus rarement par des vraies serpentines. La description de la géologie de cette chaîne étant sommaire, il n'est pas possible de savoir si elle contient des pointements de dunites. Le platine a été trouvé :

1. *Dans les alluvions du Corrego das Lagens*, ainsi que dans plusieurs petits cours d'eau voisins. Le platine qu'on y rencontre paraît de nature très spéciale; il est mamelonné, à structure fibro-radiée, et paraît d'origine secondaire.

2. *Dans les alluvions du Condado-Serro.* Le lit de ce dernier se trouve dans les quartzites traversées par des minces filons

[1] Voir Hussak, liste bibliographique.

de diabases ouralitisées. Le platine trouvé dans les alluvions est parfois assez gros, il est mamelonné et concrétionné.

Les platines de ces deux centres sont donc tout à fait différents de ceux de l'Oural, et leur composition chimique est d'ailleurs très spéciale, ils ne renferment pas de fer et sont riches en palladium. Tout semble indiquer que le métal est ici un produit concrétionné secondaire qui existe dans une formation qu'il reste encore à trouver.

3. *Dans les alluvions du Rio-Abaète.* Celui-ci est un affluent du Rio-San-Francisco, la rivière provient de la Serra da Matta da Corda, qui se trouve à l'ouest de la Serra do Espinhaco et court parallèlement à celle-ci, au sud de Minas-Geraes. La description exacte de la géologie de la région n'est pas donnée, on sait seulement qu'on y trouve des formations paléozoïques fossilifères traversées par des roches éruptives qui affleurent sur la rive gauche du Rio-Abaète. On trouve parmi celles-ci des diabases, des lherzolites, des picrites, etc. Le platine qui existe dans plusieurs affluents gauches de Rio-Abaète se trouve en paillettes fortement roulées, il n'est pas concrétionné, renferme du fer, très peu de palladium, et se comporte sensiblement comme le platine de l'Oural. Pour Hussak, ce platine doit provenir de roches basiques à olivine, et il y aurait donc une analogie probable avec les gisements de Russie.

A Bornéo. La présence du platine dans les alluvions de certains cours d'eau dans la région du Tanath-Laut dans la pointe Sud-Est de l'île est connue depuis longtemps. Le platine, toujours très roulé et en fort petite quantité, se trouve associé à l'or qui est plus abondant. Presque tous les cours d'eau de la région s'amorcent sur le versant occidental d'une longue chaîne appelée Mératus, qui court à peu près N.-N.-E, S.-S.-O., et qui perce au milieu des formations tertiaires. Cette chaîne est formée par des schistes cristallins, gneiss, micaschistes, etc., qui, en de nombreux endroits, sont traversés par des gabbros, des gabbros à olivine, norites, gabbros-diorites, etc. qui semblent se rapprocher beaucoup des mêmes variétés de l'Oural. De nombreux et grands affleurements de véritables serpentines paraissent être en relation avec ces gabbros. Ces serpentines proviennent sans doute en majorité de roches à

olivine, car dans les alluvions des cours d'eau qui les ravinent exclusivement, on trouve parfois d'abondants débris et octaèdres de chromite. J'ai eu l'occasion d'examiner plusieurs de ces roches qui sont de véritables serpentines, la présence de la dunite franche n'a, jusqu'ici, pas été signalée. Ces serpentines forment plusieurs bandes distinctes, d'abord à la montagne de Goesang, près de la côte, puis à la montagne de Battakan-Binarvar, au S.-O. de Pleïari, et ensuite à la montagne de Bamban-Lain, un peu au S.-O. du confluent des rivières Tabanio et Abalang. Ces mêmes serpentines forment encore une traînée qui mesure plus de 60 kilomètres de longueur, et qui est développée dans la partie de la chaîne qui forme les montagnes de Bobaris.

Le platine ne se montre exclusivement que dans les rivières qui s'amorcent dans les serpentines ou qui les ravinent sur une certaine étendue. Partout, ce platine est peu abondant, et accompagne accessoirement l'or; les conditions paraissent ici très analogues à celles des rivières Aiwa, Tschourok, etc., dans la zone orientale des roches basiques. Je pense donc que les gisements de Bornéo s'écartent du type classique de ceux de l'Oural, et se rapprochent, au contraire, de ceux rencontrés dans ladite zone.

La présence du platine a été signalée dans une foule d'autres contrées du globe, mais, pour le moment, les documents que l'on possède sont trop incertains pour permettre de tirer des conclusions précises.

Remarque au sujet des cartes géologiques

Les cartes de Taguil et des gisements de l'Iss sont des reproductions de celles à grande échelle faites par M. Wyssotsky sur d'excellentes cartes topographiques levées spécialement en vue du travail géologique. Celle de Taguil a été légèrement modifiée par M. Zawaritsky et par moi-même.

La carte des gisemenrs du Daneskin-Kamen est une reproduction de celle levée par M. Lewinson-Lessing et publiée dans son ouvrage.

La carte de l'Omoutnaïa a été faite en partie avec les docu-

ments qui m'ont été fournis par la direction des usines de Polewskoï en partie avec mes observations personnelles.

Les cartes des gisements du Koswinsky, du Kaménouchky, du Tilaï-Kanjakowsky et de la Gladkaïa-Sopka ont été faites d'après mes observations personnelles. Je n'ai eu à disposition que des documents topographiques plus que rudimentaires qui, souvent même, m'ont complètement fait défaut. Ces cartes doivent donc être considérées bien plus comme des croquis géologiques figuratifs que comme des cartes exactes. Je me suis cependant attaché à me rapprocher autant que faire se pouvait de la réalité.

Les mêmes observations peuvent être faites pour les cartes des gisements pyroxénitiques. La carte du gisement de Barantcha, faute de documents topographiques, n'est qu'une figuration tout à fait rudimentaire et approximative de ce que l'on voit sur la rive droite du Sinaïa-Gora. Sur la rive gauche le sol étant presque partout couvert et les quelques affleurements visibles étant des gabbros, j'ai supposé que ces roches formaient toute la région du bassin d'Oroulikha et Pestchanka.

Liste bibliographique des ouvrages relatifs aux gisements platinifères de l'Oural

1826, Erdmann. Contribution à l'étude de la Russie, part. II, p. 132.

1828, Lubarsky. Le platine de l'Oural. *Mining Journal*, Londres. Vol. VIII, p. 158.

1828, Lubarsky. Mines de platine du district de Tagil. *Mining Journal*, vol. XI, p. 125.

1829, Engelhart. Les gisements d'or et de platine de l'Oural, Riga puis *Mining Journal*, part. III, vol. VII, p. 67.

1836, Sivkof. Description géognostique de certaines régions du district de Goroblagodat étudiées de 1834 à 1835. *Mining Journal*, London, part. III, vol. VIII, p. 225.

1837, Rose, G. Voyage dans l'Oural, p. 327, 335, 338, 341, etc.

1840, Koltowsky. Mines de platine dans le district de Goroblagodat. *Journal des mines*, 1840, part. I, p. 227.

1841, Helmersen. Voyage dans l'Oural et dans les steppes des Kirghises.

1842, Minchin. Analyses chimiques de différents spécimens de platine de l'Oural. Soc. min. de St-Pétersbourg, part. II, p. 101.

1844, Leplay. Recherches géologiques dans l'Oural. *Comptes-Rendus*, vol. XIX, p. 853.

1846, Koltowsky. Les mines Demidoff dans le district de Nijni-Tagil.

1849. Murchison. (Sir Rodrick). Géologie de la Russie d'Europe, part. II, p. 113 et 312.

1851, Tserrener. Géographie physique du gouvernement de Perm, Leipzig.

1860, Antipoff. Caractère et conditions présentes des mines de l'Oural. *Mining Journal*, London, part. I, p. 498.

1860, Cotta, B. Platine dans un bloc de serpentine jaune avec chromite. *Berg und Hütten Zeitung*, p. 495.

1866, Korcharoff, N. Matériaux pour la minéralogie de la Russie, vol. V, p. 177.

1873, Tschoupine. Dictionnaire géographique et statistique du gouvernement de Perm.

1875, Daubrée, J. Association dans l'Oural du platine natif à des roches à base de péridot : relations d'origine qui réunit ce métal avec le fer chrômé. *Comptes-Rendus*, vol. LXXX, p. 707.

1878, Terreil. Nickel platinifère de Nijni-Tagil. *Comptes-Rendus*, vol. LXXXII, p. 1116.

1879, Jeremejew. Société minérale de Russie. St-Pétersbourg, vol. XIV, p. 155.

1888, Zaetzeff. Sur les gisements des minéraux de l'Oural. *Bulletin du comité géologique russe*. Vol. VII, p. 265.

1888, Krotow. Recherches géologiques sur le versant occidental de l'Oural, aux environs de Tscherdyn et Solikamsk. *Mémoires du comité géologique russe*, vol. VI.

1890, A. Krasnopolski. Recherches géologiques sur le versant occidental de l'Oural. *Mémoires du comité géologique russe*, p. 177, vol. XI.

1890, Laurent. Note sur l'industrie de l'or et du platine dans l'Oural. *Annales des mines* p. 537. Eng. and. *Mining Journal*, vol. LIII, p. 430, 1892.

1890, Losch. Deux échantillons de platine natif de Bissersk. *Mémoires de la Société minéralogique de Russie*. St-Pétersbourg, vol. XXVII, p. 440.

1891, Belonsoff. Platine de l'Oural. *Mining Journal*, London, part. III, p. 323.

1892, Inostranzeff. Gisement primaire de platine dans l'Oural. *Mitteilung der Naturforschenden Gesellschaft*. St-Pétersbourg.

1892, Mouschketoff. Sur les gîtes primaires de platine dans l'Oural occidental. *Mémoires de la Société minéralogique de Russie*. IIme série, vol. XXIX, p. 229. *Zeitschrift für Krystallographie*, vol. XXIV, p. 505.

1892, Zaetzeff. Recherches géologiques dans le district de Nicolaï-Pawdinsk, etc. *Mémoires du Comité géol. russe*, vol. XIII, p. 97.

1892, Kunz, G. Rapport sur les industries minières. 10e *Congrès des Etats-Unis*, p. 341.

1893, Helmaker. Platine en gisements primaires. *Zeitschrift fur praktiche géologie*, p. 187.

1894, Meunier, S. Observations sur la constitution de la roche mère du platine. *Comptes-Rendus*, vol. CXVIII.p. 368.

1896, Bourdakoff, V. et Hendrikoff. Description des gisements de platine appartenant à Bourdakoff et fils. *Mémoires de la Société des naturalistes de l'Oural à Ekaterimbourg*, vol. XIV, p. 197.

1897, Louis, H. Les gisements et le traitement du platine en Russie. *The Mineral Industry*, vol. VI, p. 539.

1897, Stahl. L'or et le platine de Nicolaï-Pawdinsk. *Chemiker Zeitung*, n° 40.

1898, Meunier. Etude sur la roche mère du platine de l'Oural. *Comptes-Rendus du VIIIe Congrès géologique international*, p. 157.

1898, Helmacker. Gites de platine des Monts Oural. *Mining and Scientific Press*. San Francisco, 17 septembre.

1898, Zaetzeff. Les gisements platinifères de l'Oural. *Mémoires de l'Université de Tomsk*, vol. XIV. Publié aux frais de Bourdakoff et fils.

1898, Beck. Les excursions du VIIe Congrès géologique dans l'Oural. *Zeitschrift fur praktische géologie*, p. 24.

1898, Kunz. Un voyage en Russie et aux Monts Ourals. *Journal Franklin, Inst.* p. 193 et 264.

1899, Purrington. Les gisements platinifères de la Toura Trans. Am. Inst. *Min. Eng.* Vol. XXIX, p. 3.

1900, F. Loewinson-Lessing. Geologische Skizze der Besitzung Jushno-Saossersk und des Berges Deneskin-Kamen. *Travaux de la Société des naturalistes de St-Pétersbourg*. Vol. XXX livre 5.

1902, Kemp. Relations géologiques et distribution du platine et des métaux qui l'accompagnent. *Bull. of th. U. S. Geol. Survey*.

1902, Duparc et Pearce. Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord. *Mém. de la Soc. de physique de Genève*. Première partie. Vol. 34.

1903, L. Duparc. Les gisements platinifères de l'Oural. *Archives des sciences physiques et naturelles*. Quatrième période, tome XV.

1903, N. Wyssotsky. Notice préliminaire sur les gisements de platine dans les bassins des rivières Iss, Wya, Toura, Niasma. *Bulletin du Comité géologique de Russie*, tome XXII.

1904, E. Hussak. Uber das vorkommen von palladium und platin in Brasilien *Sitzungsbericht der K. K. Akademie der Wissenchaften in Wien*. Bd. CXIII.

1905, L. Duparc et F. Pearce. Recherches géologiques et pétrographiques sur l'Oural du Nord, 2e partie. *Mémoires de la Société de physique de Genève*. Vol. 34.

1905, R. Spring. Einige Beobachtungen in den platinwäscherein von Nijni-Taguil. *Zeitschrift für praktische geologie*, p. 49.

1907, R. Beck. Uber die structur des uralischen Platins. *Berichte der Könisglisch sächsischer Gesellschaft der Wissenschaften.* Leipzig Band LIX.

1909, A. Zawaritsky. Rapport sur les recherches dans la région platinifère du district de Nijni-Taguil. *Annales de l'Institut des mines de l'impératrice Catherine II.* St-Pétersbourg. Vol. II. N° 3.

1909, L. Duparc. Les gisements platinifères et l'origine du platine. *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève. Quatrième période, tome XXVII.

1909, F. Loewinson-Lessing. Un nouveau gisement de platine de l'Oural. Sinaïa-Gora à Barantcha. *Journal de l'Institut polytechnique de St-Pétersbourg*, tome XI.

1910, F. Loewinson-Lessing. Le gisement le plus méridional de platine de l'Oural Riv. Omoutnaïa. *Laboratoire minéralogique de l'Institut polytechnique de Pétersbourg.*

1910, L. Duparc. Note préliminaire sur quelques gisements curieux de platine de l'Oural. *Archives des sciences physiques et naturelles*, Genève. Quatrième période, tome XXX.

1910, L. Duparc et F. Pamfil. Sur la composition chimique et l'uniformité pétrographique des roches qui accompagnent la dunite dans les gisements platinifères. *Bulletin de la Société minéralogique de France* tome

1911, L. Duparc et H.-C. Holz. Notiz über die chemische Zusammen setzung eniger Platinerze aus dem Ural. *Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilung.*

SUR LE

GRAND ÉBOULEMENT PLÉISTOCÈNE

DE CHEZERY (AIN)

PAR

CH. SARASIN et X. DE TSYTOVITCH

L'un de nous a publié en 1910 dans les *Archives*[1] une description détaillée des environs de Chézery. Depuis lors, les travaux d'établissement de la nouvelle route de Chézery à la Rivière ont mis au jour plusieurs coupes de détail intéressantes.

Directement au-dessus de l'usine Grosfillier, la tranchée de la route traverse une succession renversée, plongeant au Sud, de Séquanien, d'Argovien et de Bathonien. Si, d'une part, les couches y montrent un plongement assez régulier, elles sont traversées, d'autre part, par de multiples cassures, le long desquelles se sont formées des brêches de friction, et l'on peut facilement se convaincre qu'elles ne sont pas en places, mais font partie d'un éboulement, le grand éboulement de Chézery.

Un peu plus loin, en remontant la route, on peut voir dans la tranchée les bancs redressés et extrêmement morcelés du Bathonien, qui buttent vers le bas contre des têtes de couches argoviennes. Suivant le plan de contact entre ces deux éléments superposés, les schistes argoviens sont incurvés, de façon à indiquer clairement un mouvement relatif de la masse sus-jacente vers le Nord, soit vers la Valserine. Il est donc évident qu'ici le mouvement de l'éboulement s'est fait suffisamment lentement pour ménager d'énormes paquets presque intacts; qu'il s'est, d'autre part, décomposé entre deux grandes écailles

[1] *Archives,* 1910, t. XXX, p. 68-83 et 165-196.

principales : une écaille inférieure, qui a marché moins vite ou s'est arrêtée plus tôt ; une écaille supérieure, qui a glissé sur la première, suivant un plan peu incliné, et a formé le front de l'éboulement.

Un peu plus loin encore, au-dessous des maisons des Rossets, la tranchée de la route est creusée dans une masse sableuse verdâtre avec des veines irrégulières rouges et violacées, qui représente évidemment de la molasse aquitanienne désagrégée et un peu remaniée sur place. Cet affleurement est un nouvel argument en faveur de l'extension attribuée par l'un de nous au synclinal molassique de Chézery. Il présente un autre intérêt ; en effet, cette molasse est recouverte directement par un argile à blocaux. que nous envisageons, sans hésitation, comme une moraine, et que nous considérons comme devant être sous-jacente aux masses éboulées, donc antérieure à l'éboulement.

En résumé. les travaux de la nouvelle route de Chézery-Rivière nous ont permis : 1° de confirmer exactement les observations publiées en 1910 sur le front de l'éboulement, vers l'usine Grosfillier ; 2° de constater l'amincissement très accusé de la masse éboulée entre Fontaine-Bénite et les Rosset, soit en arrière des amas frontaux ; 3° de montrer la décomposition du mouvement de l'éboulement entre des écailles superposées, se dépassant successivement de bas en haut.

COMPTE RENDU DE LA SÉANCE

DE LA

SOCIÉTÉ SUISSE DE PHYSIQUE

tenue à Fribourg le 13 mai 1911

Président : M. le prof. de Kowalski (Fribourg)
Secrétaire : M. le prof. H. Veillon (Bâle)

Henri Veillon. Notice biographique sur Ed. Hagenbach-Bischoff. — P. Weiss. Renseignements sur la publication des œuvres de Ritz. — P. Weiss. Sur la rationalité des rapports des moments magnétiques moléculaires et le magnéton. — O. Lehmann. Sur la structure des grands cristaux liquides et leur équilibre moléculaire. — E. Meyer. Sur la structure des rayons γ. — Ed. Sarasin et Th. Tommasina. Sur les phénomènes annexes à la radioactivité induite. — P. Gruner. Sur l'application de la loi de Coulomb à la théorie cinétique des gaz. — A. Gockel. Sur la corrélation qui existe entre les phénomènes du magnétisme terrestre et les courants électriques dans l'atmosphère et le sol. — Aug. Hagenbach et Heinrich Hertenstein. Etude spectroscopique de l'auréole de l'arc électrique. — René Fortrat. Sur les spectres de bandes. — Pierre Weiss et Auguste Piccard. Une limite supérieure de l'action du champ magnétique sur la radioactivité. — P.-L. Mercanton. Variations de température par déformation élastique. — P.-L. Mercanton. Réception à Lausanne des signaux horaires de la Tour Eiffel. — E. Guillaume. Sur la vision binoculaire des couleurs.

La séance est ouverte par la lecture d'une notice biographique de M. le prof. Veillon sur **Ed. Hagenbach-Bischoff.**

Une perte douloureuse est venue s'ajouter à celles que notre jeune société a déjà éprouvées depuis le moment encore si rapproché de sa fondation à Glaris. La place d'Edouard Hagenbach-Bischoff est pour la première fois vide au milieu de nous et c'est avec un sentiment de tristesse, mais aussi de reconnaissance que nous songeons aujourd'hui à ce que fut cette belle figure pour nous, pour la science et pour la patrie. Doué d'une grande capacité de travail il estima de son devoir de partager ses forces entre la science à laquelle il s'était voué dès son jeune âge et la patrie dont le développement politique lui tenait à cœur. A ces qualités

s'ajoutait un sens de sociabilité très prononcé qui lui faisait considérer comme un devoir de ne manquer à aucune de nos sessions de la Société helvétique, et une facilité exceptionnelle à frayer avec chacun sans distinction ni de classe ni d'âge. Aujourd'hui qu'il nous a quittés en doyen des physiciens suisses et en compagnon fidèle dans d'innombrables circonstances, nous aimons à rendre hommage à sa mémoire en retraçant son œuvre scientifique et son influence sur l'enseignement et la vulgarisation de la physique dans notre pays.

Edouard Hagenbach naquit le 20 février 1833 à Bâle. Le milieu cultivé dans lequel il fut élevé par son père, l'historien ecclésiastique bien connu, le porta tout naturellement vers les études qu'il commença à l'Université de Bâle sous les auspices du mathématicien Rudolf Merian. Nous le voyons ensuite à Berlin suivant les leçons du célèbre Dove sur l'optique, la théorie de la chaleur et la météorologie, ainsi que celles de Magnus qui excellait dans l'art de la vulgarisation scientifique. A Paris c'est l'illustre Jamin qui attire le jeune étudiant par ce cours célèbre où pour la première fois le professeur imaginait de remplacer la description de l'expérience par l'expérience elle-même. Les semestres d'étudiant de Hagenbach tombant dans une période à la vérité bien intéressante des progrès scientifiques si nous songeons à toutes les inventions et découvertes qui furent faites entre 1850 et 1855, et qui furent d'autant plus merveilleuses que le nombre des laboratoires était encore fort restreint en Europe et que l'outillage des physiciens laissait encore beaucoup à désirer. Fizeau mesure la vitesse de la lumière, Foucault fait son expérience classique du pendule au Panthéon, Clausius met la dernière main au principe de Carnot, Faraday ébauche notre théorie moderne du champ électromagnétique, Hittorf formule son ingénieuse hypothèse des ions, Plücker étonne les savants par ses recherches sur la décharge dans les gaz raréfiés, Kohlrausch fait progresser les méthodes de mesures électriques, Riemann, enfin, enrichit la théorie des fonctions de son admirable conception des surfaces à plusieurs feuillets reliés par des lignes de connexion.

Avec son esprit ouvert Hagenbach saisit rapidement la portée de pareilles nouveautés et il fut bien préparé pour sa carrière d'enseignement lorsqu'après son doctorat en 1855 le gouvernement bâlois lui confia la physique et la chimie à l'ancienne Ecole industrielle. Pendant les six années de cet enseignement il devient privat-docent, après quoi il est appelé à l'Université de Bâle comme professeur de mathématiques et en 1863 il succède à Wiedemann dans la chaire de physique qu'il conserva pendant 43 années. Durant le demi-siècle que Hagenbach consacra à l'enseignement de la physique il publia environ une soixantaine de travaux et

mémoires, dont le nombre se serait certainement encore accru si ses nombreuses fonctions publiques n'eussent pas exigé de grands sacrifices de temps et de travail. Rappelons ici quelques-uns de ses principaux travaux.

Tout d'abord ce sont les phénomènes de la viscosité qui attirent son attention et ses efforts aboutissent à une théorie qui généralise celle de Poiseuille. Ce premier travail documente déjà toute la clarté et l'esprit de critique qui ont plus tard été un de ses soucis dominants.

A l'époque de la guerre Hagenbach s'occupa de la fluorescence que les travaux de Brevster et Stokes avaient mise en évidence. Ses expériences portèrent sur une trentaine de corps nouveaux, en particulier sur la chlorophyle, et confirmèrent la loi de Stokes si bien que Hagenbach acquit la conviction que la dite loi était absolument générale et qu'aucune théorie de la fluorescence ne saurait subsister qui n'en tînt pas compte. Les avis des physiciens étaient partagés et l'on sait que les objections de Lommel entraînèrent mainte discussion. Les travaux ultérieurs, en particulier ceux de Wood, ont démontré que la loi de Stokes ne jouissait pas de la généralité absolue que lui attribuait Hagenbach.

En fervent admirateur de nos Alpes Ed. Hagenbach s'intéressa aussi à toutes les questions glaciaires et prit une part active à ce genre d'étude. Muni d'un polociscope il allait sur place examiner les figures de Tyndall dans la glace en fusion, ou bien mesurer en collaboration avec son ami Forel la température à l'intérieur des glaciers. En sa qualité de président de la Commission des glaciers il fut à deux reprises chargé de rapporter à des congrès internationaux sur les études au glacier du Rhône. Sa théorie sur la croissance du grain du glacier repose sur le fait bien établi de la plasticité par régélation.

En électricité il s'occupa de la vitesse de charge dans les fils télégraphiques et se servit à cet effet de la ligne de Bâle à Lucerne. Son procédé de mesure était une ingénieuse application des figures de Lissajou. Plus tard ce furent les travaux de Hertz qui le préoccupèrent ; il en résulta un travail sur l'étincelle dans le résonateur exécuté en commun avec son assistant Zehnder. Conscient des grandes difficultés que rencontraient à chaque pas les nouvelles théories électromagnétiques il se montrait souvent sceptique à leur égard et il lui répugnait visiblement d'abandonner la conception newtonienne de l'action à distance. La décharge dans les gaz raréfiés l'intéressa aussi vivement et nous lui devons une étude sur les soupapes électriques. Enfin ce fut une étude sur les phénomènes de rotation électro-magnétique et sur l'induction unipolaire, travail critique occasionné par des objections de Lecher sur l'explication ordinaire de ces expériences.

Hagenbach conservait autant que possible des points de contact avec le monde des ingénieurs, estimant qu'une cordiale entente entre eux et les physiciens ne pouvait que porter de bons fruits, et c'est ainsi que nous le voyons souvent mêlé d'une manière active à des questions d'ordre essentiellement technique dans lesquelles ses aptitudes de physicien furent d'un grand secours.

Il ne saurait être question d'épuiser ici, même dans une analyse aussi brève que possible, tous les travaux du maître disparu; nous nous bornerons à signaler, à ceux que cela intéresse, une liste complète de ces écrits publiés dans le Tome XXI des « Verhandlungen » de la Société des Sciences naturelles de Bâle. Le caractère extérieur dominant de tous ces mémoires est le souci permanent de clarté et de simplicité. Il en fut de même pour ses cours universitaires où il brilla par sa manière persuasive, par son exposition limpide et par son talent incontestable à faire ressortir l'enchaînement des faits.

Mais son besoin de répandre la science ne se borna pas à l'enseignement universitaire; il trouva encore un champ d'activité dans l'institution des conférences populaires et gratuites de Bâle qui furent en quelque sorte sa création et qui depuis près d'un demi-siècle attirent chaque hiver un public toujours nombreux et quelquefois reconnaissant. Lorsqu'en 1863 Ed. Hagenbach débuta dans sa carrière professorale le Cabinet de physique était fort modeste et en particulier la question des locaux demandait à être mise à l'étude. Ici les intérêts de la chimie, de l'astronomie et de la météorologie marchaient de pair avec ceux de la physique, et dans un état comme celui de Bâle, où l'université est encore étroitement liée avec la bourgeoisie, Hagenbach comprit que l'on obtiendrait beaucoup de la libéralité publique en rendant la question populaire. C'est ainsi qu'il proposa l'idée d'un bâtiment unique pouvant abriter les quatre sœurs et en outre contenir une vaste salle à l'usage des conférences populaires. Le succès fut tel que les neuf dixièmes de la somme nécessaire furent rapidement couverts par la munificience de petits et de grands donateurs, et c'est ainsi qu'en 1874 put être inauguré le Bernoullianum qui fut baptisé de la sorte en l'honneur des illustres Bernoulli. Euler dut se contenter d'un buste dans les pas-perdus.

Nous terminerons cette esquisse en rappelant combien M. Ed. Hagenbach-Bischoff se dévoua à notre Société helvétique des sciences naturelles, avec quel plaisir il venait à toutes ses réunions annuelles y retrouver de fidèles amis dont beaucoup ont disparu. Tout ceux d'entre nous qui ont eu le privilège de le connaître et de l'apprécier lui garderont un souvenir ineffaçable.

M. le prof. Weiss rend compte de l'état d'avancement de la publication des *Œuvres de Ritz*, entreprise par la Société. La

composition est terminée et le volume pourra très probablement être envoyé aux souscripteurs dans le courant du mois de juin.

Quelques-uns des volumes que la Société a pris à sa charge sont encore disponibles. Les souscripteurs sont priés d'adresser leurs demandes à M. Weiss. (Prix 15 fr.)

M. le prof. Weiss développe son grand mémoire *sur la rationalité des rapports des moments magnétiques moléculaires et le magnéton* que chaque membre de la Société a eu en mains avant la séance, comme tirage á part du numéro de mai des *Archives des sciences physiques et naturelles*. Nous n'y revenons donc pas ici.

M. le prof. O. Lehmann, de Carlsruhe fait une conférence sur la *structure des grands cristaux liquides et leur équilibre moléculaire*.

D'après la loi d'Avogadro, on admet que les molécules d'une substance dans ses différentes modifications et dans ses différents états d'agrégation, sont identiques. L'existence des cristaux liquides et des liqueurs cristallines pseudo-isotropes est absolument incompatible avec cette supposition : leurs propriétés essentielles (par exemple le point de solidification, la solubilité, etc.) ne dépendent pas du genre d'agrégation des molécules. La difficulté des recherches, qui tient à la petitesse des cristaux liquides et à leur considérable variabilité sous l'action des changements de température, a de plus, amené beaucoup de savants à douter de l'existence des cristaux liquides.

En obtenant, dans un tube de verre capillaire en rotation permanente de grands cristaux liquides qui, librement suspendus, s'y conservaient pendant très longtemps, le conférencier a pu écarter ces doutes ; ses recherches lui ont encore permis de se rendre compte d'une façon presque complète, de la structure des cristaux liquides. Ils ne sont pas physiquement homogènes ; leur structure est troublée par l'action de la tension superficielle ; ce cas se présente toujours pour les individus un peu grands qui ne sont pas soumis à l'action directrice des surfaces anisotropes voisines : Ainsi ont été obtenus des cristaux liquides cylindriques et demi-isotropes de l'éther de l'acide paraazoxybenzoïque, qui avaient une épaisseur de près de 1 mm. et une longueur de plusieurs millimètres ; parfaitement clairs, même en éclairage de côté avec une lumière intense, ils présentaient en lumière polarisée un très fort dichroïsme (incolore, rouge, jaune). En les tournant entre des nicols croisés, ils passaient, dans toute leur étendue, quatre fois du clair au sombre comme les cristaux ordinaires uniaxes : cependant ils en diffèrent du tout au tout, car ils ne possèdent pas

comme eux deux ou trois plans de symétrie passant par l'axe : mais au contraire une infinité. Il faut aussi admettre que seuls les axes principaux des molécules sont parallèles, tandis que les axes secondaires sont orientés de façon quelconque. Comme les cristaux normaux, les cristaux liquides peuvent former des mâcles ; mais, un cristal simple sous l'action de la tension superficielle, peut se transformer de lui-même et automatiquement en un mâcle ; souvent aussi, on peut observer des structures moléculaires coniques qui présentent un état particulier d'équilibre des molécules différant de l'agrégation réticulaire ; ce genre de structure conique ne se trouve pas dans les cristaux solides.

Les cristaux liquides, sans force de formation, tels que ceux du paraazoxyanizol, qui se produisent librement suspendus en gouttes sphériques, laissent apercevoir, lorsqu'on regarde en dehors de l'axe de symétrie, une dissymétrie particulière qui nous autorise à considérer cette substance comme biaxe. L'addition d'une petite quantité de colophane déforme et tord l'axe de symétrie de telle sorte que ses deux extrémités viennent se placer l'une à côté de l'autre ; si l'on observe ces extrémités, la goutte semble contenir un filament tordu en spirale double. En observant la même goutte de profil, elle semble être formée de couches parallèles qui tournent leur côté concave vers les extrémités réunies de l'axe de symétrie ; en faisant tourner la goutte autour d'un axe perpendiculaire aux couches, celles-ci se déplacent continuellement de l'un à l'autre côté, selon le sens de rotation. Les couches peuvent être si fines qu'un grossissement de mille fois est insuffisant pour les observer ; cependant, une telle goutte est un seul individu cristallin[1].

M. Edgar Meyer (Aix-la-Chapelle) fait une communication *sur la structure des rayons* γ. Ses recherches sur le sujet n'étant pas achevées il ne nous en a pas donné de compte rendu, se réservant de les publier ultérieurement dans les *Archives*.

MM. Ed. Sarasin et Th. Tommasina. — *Sur quelques phénomènes annexes à la radioactivité induite.* — La propriété de ne pas produire de l'émanation ayant été reconnue par M. Rutherford[2], dans ses importantes études des dépôts actifs à évolution lente, comme une des caractéristiques du radium *F* qui semble s'identifier avec le polonium, il est probable que cette substance (produite par la dernière évolution de l'émanation du radium connue jusqu'ici) existe dans notre cloche à évolution lente. Mais

[1] Cette conférence paraîtra en mémoire *in extenso* dans le numéro de juillet des *Archives*.

[2] Rutherford. *Phil. Mag.* 1904; *Nature*, 1905.

ce qui semble étrange et difficilement explicable est le fait d'avoir obtenu une radioactivité induite à évolution lente, relativement très puissante, puisqu'elle égale le quart du pouvoir initial, c'est-à-dire le quart de l'effet maximum que nous obtenons avec le même sel radifère et sur des cloches de même dimension activées par une action de courte durée.

Notre sel radifère ne contenant approximativement qu'un dix-millième de gramme de radium pur au maximum, c'est la considération de la faiblesse de la source de notre radioactivité induite, qui donne à nos constatations expérimentales, si démonstratives au point de vue qualitatif, un caractère particulier que nous tenons à faire remarquer.

Notre électroscope est celui d'Exner, modifié par Elster et Geitel dans lequel nous avons fait le changement que voici: Nous avons remplacé sa chambre à ionisation par un simple plateau métallique, soutenu par la même tige d'acier latérale qui le relie au sol, et percé à son centre pour le passage libre de la tige isolée sur ambre et portant les deux feuilles d'Al. de l'électroscope. En outre, cette tige arrondie à son extrémité libre, ou munie d'une petite sphère de 15 mm. de diamètre, substitue la capacité cylindrique beaucoup plus grande (5 cm. diam. 10 cm. hauteur) de l'appareil d'Elster et Geitel. Nos cloches cylindriques de 18 cm. de diamètre pour 36 de hauteur, sont grandes ouvertes d'un côté et fermées de l'autre, sauf une petite ouverture centrale analogue à celle du plateau, mais muni d'une lamelle mobile pouvant la fermer au besoin. La chauffe de nos cloches pour l'étude de l'effet thermique était faite dans nos premières expériences par le radiateur du calorifère, comme nous l'avons indiqué dans notre Note de Paris et dans nos deux précédentes communications à la Société de physique de Genève. Actuellement, au contraire, nous avons adopté un système de chauffe qui présente trois avantages sur le premier. Il permet de localiser la partie chauffée, d'en élever davantage la température et de produire la chauffe pendant que les cloches se trouvent sur le plateau de l'électroscope. Nous obtenons cela, en mettant en contact avec la paroi extérieure de la cloche une lampe électrique à incandescence. Ce nouveau mode de chauffage nous a permis d'éliminer l'étrange anomalie de l'action thermique nulle constatée lorsque des cloches en verres remplaçaient celles en métal. En effet, comme nous l'avions prévu dans nos conclusions, il a suffi d'élever davantage la température pour constater dans les deux cas le même phénomène avec une intensité sensiblement égale.

Dans la Note du 6 avril, parue dans les *Archives*, nous avons déjà décrit nos expériences de transvasement de l'émanation des cloches à désactivation rapide dans des cloches non activées, et

nous avons donné les courbes de la disparition de l'activité du produit transvasé. Il était important d'établir si l'effet thermique se produisait également, comme il était probable, sur des cloches non activées, ne contenant que du gaz émanation, où il n'y avait donc point de dépôt actif pouvant être expulsé. Or, tous les essais faits avec le chauffage par le calorifère nous avaient donné des résultats négatifs, celui par la lampe électrique nous a fourni immédiatement une constatation positive très nette de ce fait, qui confirme la conclusion de cette dernière Note du 6 avril sur la vraie nature de l'accélération thermique.

De même, l'étude de la différence de nature entre le produit de la désactivation lente et celui de la désactivation rapide, dont les premières observations se trouvent dans la Note que nous venons de citer, a pu être poursuivie dans des conditions meilleures à l'aide du nouveau dispositif, qui permet d'interrompre ou de reprendre la chauffe, sans rien déranger et en continuant les mesures des accélérations ou ralentissements des décharges.

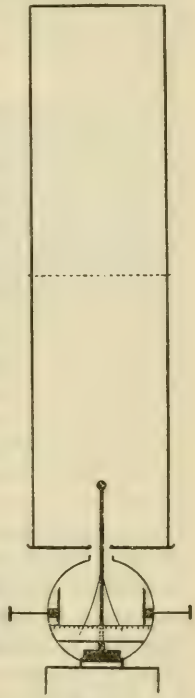


Fig. 1

Nous plaçons sur le plateau de l'électroscope une cloche non activée, fermée en bas, sauf l'ouverture par laquelle pénètre la tige isolée de l'électroscope, puis nous plaçons renversée sur celle-ci, donc ouverte en bas, soit notre cloche à désactivation lente, donc à débit invariable, soit une cloche activée par le mode ordinaire, donc à désactivation relativement rapide. (Fig. 1.)

Dans le premier cas, les chiffres de nos séries de lectures des décharges nous permettent de construire la courbe L de la fig. 2, qui montre qu'au début la saturation de l'ionisation se fait assez rapidement dans la cloche non active inférieure, et que dès qu'elle a atteint la limite fixée par le rayonnement constant de la cloche supérieure elle devient et reste horizontale (si la température n'est pas modifiée et si la saturation est complète), autrement elle monte encore lentement dans ce dernier cas et fait

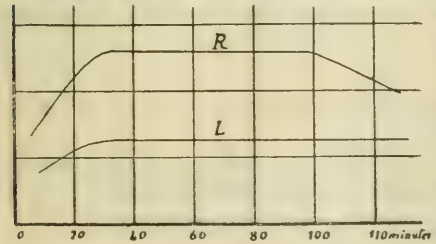


Fig. 2

des montées très rapides, presque instantanées, lorsqu'on chauffe latéralement, près de sa base, la cloche inférieure. Mais si on enlève la cloche supérieure et qu'on ferme en haut l'inférieure avec un couvercle, aucune action sur l'électroscope ne se produit plus, la courbe tombe à zéro instantanément et y reste lorsqu'on chauffe aussi fort que notre dispositif le permet et aussi longtemps que l'on veut.

Au contraire, dans le deuxième cas, c'est-à-dire lorsque la cloche supérieure est à désactivation rapide, on a la courbe R, qui indique, aussi au début, la ionisation jusqu'à saturation de la cloche inférieure non active. Puis le tracé devient horizontal et continue ainsi pendant plus d'une heure, *ce qui montre que le phénomène de l'accroissement et de la diffusion de la ionisation* VOILE, pour ainsi dire, *complètement celui, qui doit forcément coexister, de la désactivation par désagrégation*, relativement rapide, *du dépôt actif* qui se trouve adhérent aux parois internes de la cloche supérieure. En effet, quand la saturation de l'ionisation des deux cloches s'est égalisée et a atteint sa limite d'équilibre, la diminution due à la désactivation apparaît et la courbe l'indique en commençant sa descente. Inutile de dire que, dès qu'on fait intervenir la chauffe, comme dans l'expérience précédente, on a les mêmes rehaussements instantanés de la courbe. Mais, où la chose change du tout au tout, c'est lorsqu'on enlève la cloche supérieure et qu'on ferme en haut comme précédemment l'inférieure. Ici la courbe, au lieu de tomber instantanément à zéro, reste sensiblement au même niveau, et l'on observe que la chute due à la désactivation se fait plus lente. En outre, si l'on produit de nouveau une élévation de température, même faible et de courte durée, le rehaussement de la courbe se manifeste tout de suite. Ces modes si franchement opposés de se comporter des deux produits transvasés, mettent bien en lumière la nature différente des deux dépôts actifs qui leur donnent naissance, ce qui est en parfait accord avec les conclusions que M. Rutherford avait tirées de ses importants travaux sur ce sujet, qui ont si largement accru nos connaissances.

P. GRUNER. — *Sur l'application de la loi de Coulomb à la théorie cinétique des gaz.*

D'après la conception de Maxwell, les molécules d'un gaz peuvent être considérées comme des points matériels agissant l'une sur l'autre avec une force centrale, ayant une accélération

$$\psi(r) = \frac{K}{r^{n+1}}$$

Il est intéressant de savoir si la valeur $n = 1$, correspondant à

l'attraction ou à la répulsion de points électriques, conduit à des résultats possibles. En se servant des méthodes de Boltzmann, on trouve pour la moitié de l'angle des asymptotes correspondant à l'hyperbole décrite par une molécule relativement à l'autre :

$$\text{tang } \Theta = b g^2 \frac{m m_1}{(m + m_1)\mathrm{K}}$$

b étant la plus petite distance qu'atteindraient les deux molécules si elles n'exerçaient point de force réciproque, g étant la vitesse relative à l'infini de la molécule m vis-à-vis de la molécule m_1.

Cette valeur de Θ peut être introduite dans les formules de Boltzmann, dans le but de former les variations moyennes de fonctions quelconques de la vitesse des molécules. Ces fonctions, désignées par B, contiennent généralement comme facteurs deux constantes :

$$\mathrm{A}_1 = 4\pi \int_0^\infty \sin^2 \Theta . \cos^2 \Theta . \alpha . d\alpha$$

$$\mathrm{A}_2 = 4\pi \int_0^\infty \cos^2 \Theta . \alpha . d . \alpha, \qquad \alpha = b g^{\frac{2}{n}} \left(\frac{m m_1}{(m + m_1)\mathrm{K}} \right)^{\frac{1}{n}} .$$

Maxwell, en posant $n = 4$, trouve pour ces deux constantes des valeurs déterminées et finies. Mais pour le cas spécial de la loi de Coulomb, $n = 1$, ces deux facteurs deviennent logarithmiquement infinis! — Il s'en suit qu'un gaz possédant cette propriété aurait un temps de relaxation infiniment court et opposerait une friction intérieure infiniment grande vis-à-vis de chaque force qui tendrait à modifier l'équilibre des molécules. Il n'est pas difficile de constater que pour $n = 2$ les coefficients A_1 et A_2 restent finis, de sorte que la loi de Coulomb joue un rôle exceptionnel par rapport aux autres forces centrales.

Naturellement, il est possible d'éviter ces résultats paradoxaux, en limitant l'influence d'une molécule sur une autre dans un rayon fini σ. Pour l'angle 2Θ de déviation se trouve alors l'expression

$$\text{tang } \Theta = \frac{\alpha(1 + \mathrm{B})}{\sqrt{1 - \alpha^2 \mathrm{B}^2}}$$

$$\alpha = b g^2 \frac{m m_1}{(m - m_1)\mathrm{K}}, \qquad \mathrm{B} = \frac{m m_1 \mathrm{K}}{(m + m_1)} \cdot \frac{1}{g^2 . \sigma}$$

Ainsi les coefficients A_1 et A_2 deviennent une fonction finie de σ; mais comme cette dernière valeur est indéterminée, la valeur numérique de A_1 et de A_2 l'est aussi, et le problème ne donne plus une solution unique.

Alb. Gockel. *Sur la corrélation qui existe entre les phénomènes du magnétisme terrestre et les courants électriques dans l'atmosphère et le sol.*

On a beaucoup discuté au cours des dernières années la question de savoir s'il faut considérer qu'une fraction de la force magnétique terrestre est due aux effets des courants électriques de l'atmosphère, sans même rien savoir de très précis sur ces courants. On a reconnu depuis longtemps qu'entre deux points de l'atmosphère situés verticalement l'un au-dessus de l'autre, il existe une P. D., mais au cours des dix dernières années, on a établi également et étudié à fond la conductibilité de l'atmosphère. Du fait de la présence d'une différence de potentiel dans le sens vertical et d'une conductibilité, découle l'existence d'un courant électrique vertical et on peut supposer qu'au moins une partie du champ magnétique terrestre a ce courant.

En un point traversé par un courant électrique, le champ produit par ce courant n'a pas de potentiel. Mais si le champ magnétique terrestre ne contient que des forces qui possèdent un potentiel, il faut que l'on ait le long d'une courbe fermée sur la surface terrestre la relation :

$$\int H \cos \theta \, dl = 0.$$

(H = intensité horizontale ; cos θ = azimut de la portion de courbe l)

Si cette intégrale a une valeur différente de O, il peut exister un courant électrique qui traverse perpendiculairement la surface de la courbe. On peut calculer sa force, qui doit être :

$$4\pi i = \int H \cos \theta \, dl$$

Ces intégrales ont été formées soit entièrement sur des degrés de latitude, soit sur des trapèzes formés entre des degrés de longitude et de latitude, soit sur des pays comme l'Autriche-Hongrie. Les résultats se sont en général si peu écartés de O, qu'il est difficile de savoir si les écarts ont une valeur réelle, ou s'il faut les attribuer soit à des erreurs d'observation, soit à une réduction défectueuse des observations à la même époque. Le nombre relativement petit des observations magnétiques rend une solution de la question par ce moyen très difficile.

Mais il y a un autre moyen, et c'est celui que j'ai employé. Si une partie du champ magnétique terrestre provient des courants électriques de l'atmosphère, cette partie doit certainement être celle qui est soumise aux variations diurnes et annuelles. On a déjà rapproché occasionnellement les fluctuations du champ magnétique des facteurs isolés de l'électricité atmosphérique. Zölss croit avoir trouvé une concordance entre la conductibilité et la décli-

naison; Messerschmitt en voit une entre la marche de la chute du potentiel et l'intensité verticale. Mais on ne peut pas dire d'emblée quelles sont les relations qui unissent entre elles la déclinaison et la conductibilité électrique, l'intensité verticale et la chute du potentiel. Ce qui peut influer le champ magnétique terrestre, ce n'est que le courant électrique comme tel, et pas ses composants.

Malheureusement il n'existe que peu de mesures relatives au courant électrique vertical. On a déterminé la chute du potentiel en beaucoup d'endroits, ainsi que la conductibilité, mais en ne déterminant chaque fois que l'une ou l'autre de ces grandeurs, la grandeur la plus importante, le courant vertical, n'a été mesurée que pendant de courtes périodes. Les seules observations continues qui portent sur une année entière sont dues à M. Kähler, à Potsdam. Les observations de Zölss n'ont pu me servir qu'à première approximation, en admettant, ce qui n'est pas absolument certain, que la déperdition mesurée à l'appareil d'Elster et Geitel est proportionnelle à la conductibilité. J'ai fait quelques mesures relatives au courant vertical avec l'appareil de Wilson. Pour la détermination de la variation annuelle, j'ai pu aussi me servir des mesures de l'Observatoire des Jésuites à Tortosa (Espagne).

Le résultat est le suivant: Le courant vertical varie régulièrement avec la position du soleil. Il atteint son minimum pendant les heures de la nuit, après le coucher du soleil et avant son lever. Vers 10 h. du soir, il y a une légère augmentation. Le maximum est atteint vers midi, à partir de ce moment il y a de nouveau diminution. L'intensité horizontale varie de la même manière. La marche annuelle de ces deux éléments est analogue. Au printemps et en automne, on constate un maximum du courant vertical et un minimum de l'intensité horizontale; en décembre et en juin, on trouve un minimum du courant vertical et un maximum de l'intensité horizontale; on trouve même une concordance de la courbe des deux éléments dans les valeurs elles-mêmes, comme le démontrent d'une manière toute particulière les observations de Tortosa.

Il y a encore une autre analogie entre ces deux éléments. En été, la chute du potentiel et l'ionisation diminuent un peu vers midi, le maximum du courant se divise en deux, l'un des maxima ayant lieu vers 10 h. a. m., le second vers 3 h. p. m. C'est également exactement ce qui se passe pour l'intensité horizontale.

Les variations diurnes de l'intensité verticale sont encore plus frappantes que celles de l'intensité horizontale. Les maxima concordent presque exactement avec le lever et le coucher du soleil, et le minimum principal a lieu vers midi, en même temps que le maximum du courant.

La déclinaison a une marche analogue à celle de l'intensité hori-

zontale; cependant les valeurs extrêmes se déplacent par rapport à celles de cette dernière de deux heures environ. Le maximum principal a lieu après le lever du soleil, un second maximum a lieu après son coucher; le minimum a lieu après midi.

Les variations du courant terrestre sont en relation étroite avec les variations des éléments du magnétisme terrestre. En étudiant le courant terrestre, on a souvent commis l'erreur de considérer les valeurs enregistrées, soit surtout les deux composantes N.-S. et O.-E., mais pas la marche du courant lui-même.

Tout récemment, Brunhes et David, d'après les observations de Clermont; Bosler, d'après celles du Parc-de-St-Maur, près Paris, et celles de Greenwich, ont démontré que des variations du courant terrestre coïncident avec celles de la déclinaison. J'ai déduit, d'après les observations de Tortosa, la période diurne du courant terrestre en grandeur et en direction, et il s'est trouvé, comme il fallait s'y attendre, que cette période y est parallèle à la marche du magnétisme terrestre et à celle de l'intensité totale; la concordance a lieu là aussi, non seulement d'une manière générale, mais aussi pour chaque valeur séparément. Le maximum principal est celui du soir; le minimum a lieu à midi. Les déviations de l'aiguille de déclinaison sont conformes à la loi d'Ampère.

La relation entre le courant terrestre et le courant vertical de l'atmosphère résulte, en conséquence déjà de ce que nous venons d'exposer, de la relation de ce dernier et des éléments magnétiques.

Cette relation se remarque souvent jusques dans les détails, comme les observations de Tortosa l'ont montré, mais pas toujours. On comprend facilement la cause en considérant que le courant atmosphérique peut varier avec les facteurs météorologiques : humidité, nébulosité, etc., et qu'il est soumis, par conséquent, à des variations locales.

Le courant terrestre, au contraire, ne peut pas dépendre de l'affluence de l'électricité dans le sol à une seule place, mais de l'état dans lequel se trouve toute une région.

Considérons les variations du courant atmosphérique, soit du courant primaire, et faisons-en dépendre les variations du courant terrestre et des éléments magnétiques, la manière dont ces derniers dépendent, comme on le sait depuis longtemps déjà, des facteurs météorologiques, s'explique alors facilement. Il y a longtemps que l'on suppose qu'il en est ainsi; mais comme on n'avait jamais étudié que des facteurs isolés du courant, on n'avait pas trouvé la relation.

En démontrant que la période diurne et annuelle du courant coïncide avec celle des éléments magnétiques, je crois avoir donné la preuve de leur corrélation.

Je n'ai pas considéré, dans ce qui précède, les variations magnétiques étudiées par Birkeland, qui se propagent sur une grande partie de la terre avec une vitesse de quelques centaines de kilomètres par seconde. On ne peut les rapporter aux courants verticaux dont il a été question; il est probable, d'après Schuster, qu'elles sont dues à des courants d'électrons dans les couches les plus élevées de l'atmosphère.

Aug. Hagenbach et Heinrich Hertenstein. — *Etude spectroscopique de l'auréole de l'arc électrique*, présentée par A. Hagenbach.

Dans un travail précédent de l'un de nous [1], il fut montré que la flamme de l'arc («Bogenflamme») ou l'auréole qui sort de l'arc proprement dit, en étant projetée de bas en haut présente souvent des spectres de bandes. Cela établi, ces résultats plutôt qualificatifs furent complétés par de nouvelles épreuves spectrographiques de l'arc métallique, en partie à des pressions élevées, et rendirent désirable une étude systématique.

M. Hertenstein a photographié, avec un spectrographe à deux prismes de verre, les spectres de l'auréole pour une série de métaux et quelques-uns de leurs sels. Les sels étaient supportés soit par des électrodes de charbon soit par des électrodes du métal correspondant. Les recherches portèrent sur: Cu, $CuCl_2$, Cu_2Cl_2, $CuBr_2$, $CuFl_2$, Sn, $SnCl_4$, $SnCl_2$, $SnBr_4$, SnJ_4, Pb, $PbCl_2$, $PbBr_2$, PbJ_2, $PbFl_2$ sur AgCl et $K_2Clr_2O_7$.

L'arc du fer servait d'étalon de comparaison. Les mesures furent exécutées par un microscope de O. Töpfer, avec platine mobile sur vis microscopique.

L'interpolation se fit aisément par la méthode graphique. Les résultats se résument ainsi: Les spectres d'auréole sont à bandes et sont identiques à ceux des flammes; des différences ne se trouvent que dans les lignes isolées des métaux. Pour les bandes on ne remarque de différence que dans le rapport des intensités entre le rouge et le bleu. Ce rapport est plus grand pour la flamme que pour l'auréole. Il s'en suit qu'apparemment la température de l'auréole est supérieure à celle de la flamme gaz-oxygène. Aussi l'intensité totale de l'auréole est plus grande.

Les plus fortes lignes du cœur de l'arc paraissent se retrouver toutes dans les auréoles. La question de savoir s'il existe une sélection suivant les lignes appartenant à des séries ou non devra encore être étudiée au moyen des alcalis et des alcalis terreux.

Des spectres de flamme charactéristiques sont fournis par Cu (CuO), $CuCl_2$ (Cu_2Cl_2), $CuBr_2$ et peut-être par $CuFl_2$. Les mêmes

[1] Aug. Hagenbach: Ueber Bandenspektra, *Wüllner Festschrift*, p. 128, 1905. Verlag Teubner.

phénomènes se retrouvent dans les flammes de l'arc. En projetant sur la même plaque les spectres d'auréoles et de flammes, on acquiert la conviction que toutes les bandes coïncident.

Tous les sels de l'étain indiqués donnent le même spectre de flamme, probablement celui de l'oxyde. Les auréoles fournissent le même résultat.

Pour le plomb et ses sels en question, les choses se passent comme pour l'étain; des recherches ultérieures doivent encore établir si le fluoride de plomb possède un spectre de combinaison.

Il faut ajouter que Zn, Cd, Al et AgCl ne donnent pas une auréole suffisante.

Dans la publication détaillée on montrera l'effet produit pour une atmosphère de CO_2 par l'augmentation de la teneur d'oxygène dans l'air.

Ce travail donne comme résultat certain, que l'identité des spectres de flamme et de l'auréole démontre que la luminescence dans l'auréole n'est pas d'origine électrique.

Les photographies spectrales se rattachant à ces recherches furent projetées dans la séance.

M. René Fortrat (Zurich). — *Sur les spectres de bandes.* — Vus à une faible dispersion, les spectres des gaz incandescents comprennent souvent, outre des raies très nettes, des bandes lumineuses continues, brusquement limitées à une tête très nette, à partir de laquelle l'intensité diminue progressivement. La plupart sont du côté violet, quelques-unes du côté rouge par rapport à cette tête.

Vues à une forte dispersion, ces bandes sont résolues en raies très fines (Az-Cy-carbures d'H, etc.) et quelquefois en nouvelles bandes (composés halogénés des alcalino terreux). A partir de la tête, les intensités des raies vont en diminuant et leurs intervalles augmentent.

Production des bandes. — On a beaucoup de raisons pour croire que les spectres de bandes sont dus à des vibrations de molécules. Par une étude directe sur les métaux alcalino-terreux et leurs composés halogénés, A. Mitscherlich avait déjà conclu en ce sens vers 1864. Depuis, on a reconnu que la plupart des spectres de bandes sont insensibles au champ magnétique, ce qui indiquerait qu'ils sont dus à la vibration d'un élément matériel électriquement neutre, probablement la molécule. Enfin, beaucoup de corps ont des bandes dans leur spectre d'absorption, mais n'en émettent pas quand on les chauffe assez pour les rendre incandescents, et, pour obtenir des spectres de bandes il faut exciter la source lumineuse le moins brutalement possible, par exemple chauffer par pure incandescence (King), ou prendre la partie exté-

rieure de l'arc électrique, ou enfin, si l'on prend une étincelle, mettre une self sur le circuit qui la fournit.

Etude de la répartition des raies des bandes. — Une régularité paraît évidente dans la répartition des raies d'une bande. Pour l'étudier, il fallait avant tout se donner un mode de représentation de ces raies. Deslandres a choisi celui qui avait donné de bons résultats pour l'étude des raies spectrales — fréquence en fonction du numéro d'ordre. Il a trouvé que les fréquences ν satisfont assez bien à une formule à trois constantes

$$\nu = A \pm (Bm + C)^2 \qquad (1)$$

où m est le numéro d'ordre.

Il a trouvé aussi que les têtes qui forment une série de têtes obéissent à une formule identique, à la valeur près des coefficients.

Cette loi n'est pas très rigoureuse : elle indique des fréquences trop fortes quand on est très loin de la tête.

D'autres représentations ont donné aussi des résultats intéressants. Par exemple, Kayser et ses élèves ont fait correspondre à chaque bande une courbe construite avec les axes suivants : on porte en abscisse la fréquence des raies, en ordonnée la différence des fréquences de deux raies consécutives, on a encore une parabole, avec la même approximation que si on prend la représentation de Deslandres.

En effet, de (1) on tire :

$$\nu_m - \nu_{m-1} = 2B\sqrt{\nu - A} - B^2$$

ou

$$4B^2(\nu - A) = [\nu_m - \nu_{m-1} + B^2]^2$$

Le sommet de cette parabole est toujours au-dessous de l'arc des abscisses, si bien que dès le début la variation de $\nu_m - \nu_{m-1}$ est déjà assez rapide : l'accumulation au voisinage de la tête est beaucoup moins grande que si le sommet de cette parabole se trouvait sur l'axe des fréquences.

Il est difficile d'étudier les bandes tout près de la tête, car les raies y sont trop serrées pour être séparées. La loi de Deslandres nous permettra de nous rendre compte de leur disposition. Remarquons d'abord que le seul examen de la bande ne peut nous renseigner sur le numéro d'ordre d'une raie, mais on peut choisir pour ce numéro un nombre entier arbitraire à condition de choisir convenablement la constante C. Prenons-le assez grand pour que le numéro d'ordre correspondant de la première raie soit positif. La formule (1) donne :

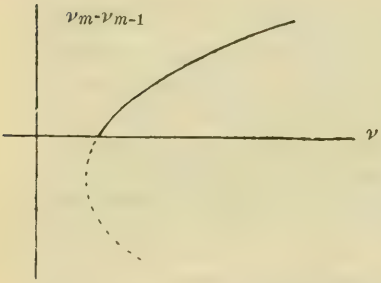
$$\nu_m - \nu_{m-1} = 2B(Bm + C) - B^2 \qquad (2)$$

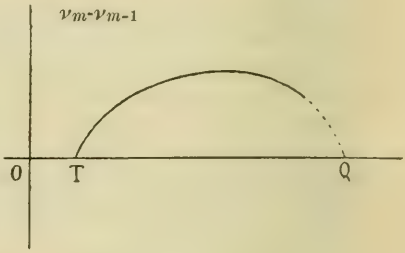
$\nu_m - \nu_{m-1}$ est fonction linéaire de m. Construisons la droite (2) et marquons les nombres entiers sur l'axe des abscisses. Le plus petit

de ceux qui sont supérieurs à l'abscisse du point d'ordonnée nulle de la droite (2) est le numéro d'ordre de la deuxième série de la bande.

Remarquons à ce propos une différence entre la distribution des raies au voisinage d'une tête de bande ou au voisinage de la limite d'une série. Dans les deux cas, il y a accumulation de raies, mais dans le premier cas le nombre des raies est fini, dans l'autre il est illimité.

Les queues des bandes. — Si on étudie une bande en représentant chaque raie dans un graphique par $\Delta\nu$ fonction de ν ou $\Delta\lambda$ fonction de λ, on trouve au début des raies très serrées dont l'intervalle angmente vite : la courbe a d'abord une allure parabolique. L'intervalle de deux raies consécutives croit ensuite moins vite que ne l'indiquerait la loi de Deslandres et atteint un maxi-





mum. Pour les bandes du Cy en particulier, on trouve pour un numéro d'ordre fort élevé, une décroissance assez rapide de cet intervalle : malheureusement on ne peut plus suivre les raies très loin après le coude assez brusque marqué sur la courbe, parce que les bandes s'enchevêtrent avec d'autres plus intenses. Mais quelques physiciens ont cru pouvoir dire que ces intervalles continuaient à diminuer très vite et que les raies venaient s'accumuler au voisinage d'une certaine longueur d'onde représentée par le point Q et la bande s'y terminerait pas une queue ayant le caractère d'une tête de bande dégradée vers le rouge. Il n'y aurait alors plus de bandes dégradées vers le violet et d'autres dégradées vers le rouge; il n'y aurait que des têtes de bandes et des queues de bandes. King et Jungbluth ont indiqué ces queues pour quelques bandes du Cy. Sans compter leurs contradictions, une grave objection a déjà été indiquée par Ritz : à l'endroit où Jungbluth indique une queue, les raies, au lieu de venir s'entasser, gardent une distance constante.

On trouvera d'ailleurs une discussion très complète de la question dans un article de M. Weiss qui paraîtra dans le livre : les *Œuvres de Walter Ritz*. On y trouvera également l'ébauche

d'une théorie électromagnétique de l'émission des spectres de bande.

Détermination du pouvoir séparateur d'un appareil spectroscopique. — Voici les premières têtes d'une série de bandes du cyanogène :

$$[4216^{A°},12 - 4197^{A°},24 - 4180^{A°},98 \text{ et } 4167^{A°},77]$$

On y voit nettement la structure des bandes. Celles-ci conviennent très bien pour étudier le pouvoir séparateur d'un appareil spectroscopique : on y trouve des raies qui s'écartent progressivement l'une de l'autre, et on peut facilement voir quel est le plus petit intervalle que l'appareil permet de séparer. Cette photographie a été faite avec un appareil à prismes construit par M. Weiss : il sépare dans cette région violette un intervalle de $0^{A°},05$ — le pouvoir séparateur théorique est de $0^{A°},011$.

Remarques sur la bande 5165 du carbone. — Cette photographie représente la bande du carbone dont la tête est à $5165^{A°},30$. Ici l'appareil disperse notablement moins et par suite sépare moins. On sépare nettement deux raies distantes de $0^{A°},11$ (théoriquement $0^{A°},044$).

Cette bande présente des caractères intéressants. On indique généralement une deuxième tête à $5129^{A°},36$: j'ai vu une accumulation de lignes assez faibles dans une plage limitée de deux côtés, mais il n'en part pas de lignes qui s'écartent progressivement l'une de l'autre, et la bande n'a qu'une seule tête.

Les raies les plus fortes au début sont formées de doublets qui se resserrent quand on s'écarte de la tête, tandis que l'intervalle entre deux de ces doublets augmente : si on représente ces raies par un graphique (ν_m-ν_{m-1} et m), on constate que, sauf les onze premières raies mesurables sur le cliché, elles se placent alternativement sur deux courbes voisines à allure grossièrement parabolique. — A la partie troublée (autour de λ=$5129^{A°}$), il manque deux raies, mais la régularité n'est pas autrement troublée.

Entre ces raies se trouvent de fins triplets qui, invisibles au début de la bande, augmentent de netteté puis se resserrent. Au-delà de la perturbation, on les retrouvent se resserrant toujours, devenant doublets, puis finalement raies simples plus intenses que celles du premier groupe et alternant avec elles. Ces raies forment une bande, mais dont la tête paraît inobservable. Le graphique correspondant se compose aussi de deux courbes analogues à celles que l'on trouve dans l'étude du premier groupe.

Ainsi ces deux groupes de raies se comportent de façon analogue par la répartition des raies qui les composent, et les éléments qui composent ces raies (doublets et triplets) se resserrent quand la fréquence augmente. La seule différence essentielle est que dans le premier groupe l'intensité est maximum près de la tête, tandis

que dans l'autre elle a un maximum loin de la tête qui est inobservable.

Il me paraît difficile de grouper ces raies de façon à retrouver la loi de Deslandres, au moins avec le degré d'approximation qu'elle comporte d'habitude. On arrive à une grossière approximation en groupant les raies dans dix bandes différentes; mais on met dans deux bandes distinctes des raies qui ont un aspect identique et caractéristique et qui présentent une grande régularité de succession.

Enfin, en supposant que des raies composées, formées par exemple de doublets, puissent se grouper en deux bandes suivant chacune la loi de Deslandres, un calcul simple montre que l'écart du doublet, mesuré dans l'échelle des fréquences, varierait suivant une loi parabolique :

$$\nu_m - \nu'_m = \alpha m^2 + \beta m + \gamma$$

(cas particuliers possibles : α nul ou α et β nuls ensembles).

Donc, si au début les doublets se resserrent, ils doivent au bout de quelque temps s'écarter avec la même rapidité. On ne retrouve pas cet aspect dans la bande dont nous nous occupons, où les raies, multiples au début, deviennent bientôt simples et le restent aussi loin qu'on peut les suivre.

MM. Pierre Weiss et Auguste Piccard. — *Une limite supérieure de l'action du champ magnétique sur la radioactivité.*

L'un des caractères les plus remarquables de la radioactivité et de la transformation des éléments actifs est sans doute leur parfaite indépendance des conditions dans lesquelles se trouvent ces corps. Ainsi l'on n'a pas encore pu mettre en évidence une influence de la température sur l'intensité de la radiation et, fait encore plus surprenant, l'activité du radium est exactement la même s'il se trouve sous forme métallique ou dans l'un de ses sels.

On en conclut que le siège de l'activité est situé à l'intérieur des atomes, là où ni l'agitation thermique ni les affinités chimiques n'arrivent à étendre leur action.

On est amené ainsi à l'hypothèse que chaque atome d'un élément actif a dans chaque petit intervalle de temps une certaine probabilité de faire explosion. L'instant de cette désagrégation ne serait déterminé que par une certaine constellation des électrons ou corpuscules constitutifs de l'atome.

Le problème que nous nous sommes posé est d'examiner s'il existe peut-être un moyen qui nous rende capables de déformer les orbites de ces électrons de façon à altérer la probabilité de décomposition des atomes.

C'est le phénomène de Zeeman qui a servi de point de départ. On peut admettre que les spectres d'émission sont produits par les oscillations de certains électrons à l'intérieur ou près de la surface

des atomes. La chaleur fait augmenter leurs amplitudes, mais même les températures les plus élevées (et ici le champ d'étude s'étend jusqu'au soleil) n'influent en rien sur leur durée d'oscillation. Celle-ci semble, au contraire, être une fonction de certaines propriétés intérieures de l'atome, indépendantes de la température. Mais un champ magnétique altère très sensiblement la position des lignes spectrales. Alors y aurait-il peut-être un effet analogue du champ magnétique sur la décomposition et la radiation des éléments actifs? Ce n'est que l'expérience qui pouvait répondre à cette question.

Dès le début, nous avions le choix entre deux façons d'opérer. L'on pouvait se proposer de mesurer la vitesse de décomposition d'un des éléments à courte durée, tels que le radium en produit constamment. La mesure aurait dû être faite alternativement dans un champ magnétique et sans champ. Mais comme toute radioactivité est liée à la décomposition d'un atome, l'on pouvait aussi se proposer de mesurer l'intensité de l'activité d'un élément de longue durée, par exemple du radium ou du mélange de substances de durées très différentes en équilibre radioactif qu'est le radium conservé depuis quelque temps. C'est cette dernière méthode que nous avons employée parce qu'elle est plus simple et promet une sensibilité plus grande.

Voici en quelques mots le dispositif dont nous nous sommes servis: La préparation radioactive (6,6 mg de bromure de radium de l'an 1904) est introduite entre les pièces polaires de notre plus puissant électroaimant (45,200 Gauss réalisés dans un espace de 14 mm³). Comme les rayons α et β sont déviés par le champ, nous sommes obligés de les absorber par une plaque de plomb de 3 mm d'épaisseur pour nous servir que des rayons γ. Mais puisque les rayons γ produisent des rayons β secondaires en sortant de l'écran de plomb, il fallait placer cet écran en dehors de l'action du champ. Nous l'avons mis à 2 m. 50 de l'électroaimant. C'est derrière cet écran qu'est placé l'appareil destiné à mesurer l'intensité des rayons γ. Il est basé sur la méthode de compensation. Les deux paires de quadrants d'un électromètre de Curie sont chargées à une différence de potentiel constante (230 volts produits par une batterie de piles sèches). L'aiguille, placée symétriquement, est reliée aux premiers plateaux de deux condensateurs dont les seconds plateaux, distants de 10 cm des premiers, sont en connexion avec les deux quadrants. Ces condensateurs forment des chambres d'ionisation, dont l'une (de 200 l) reçoit les rayons γ à étudier et dont l'autre, dite de compensation (de 3 l) est ionisée par une petite portion auxiliaire de radium [1] scellé dans du verre.

[1] Cette préparation à rayons très pénétrants a dans notre cas un grand avantage sur le polonium, utilisé en général dans les résistances

Au début de l'expérience on donne à l'aiguille le potentiel moyen des deux quadrants. Dans ces conditions, les courants de saturation s'établissent dans les deux chambres d'ionisation. En règlant la préparation auxiliaire on arrive à rendre les deux courants égaux. Alors le spot reste au zéro de l'échelle. Une petite différence des deux courants le fait avancer avec une vitesse uniforme qui dans nos expériences a été de 0,2 mm. min^{-1} (correspondant à un changement du potentiel de l'aiguille de 0,0015 volts min^{-1}) lorsque l'un des courants différait de 1 ‰ de l'autre. Nous avons observé durant des heures la position du spot. Pendant ce temps l'électroaimant était alternativement excité et non excité. Le spot n'est jamais arrivé à un repos absolu, mais ses mouvements se sont montrés parfaitement indépendants de l'électroaimant. La moyenne des vitesses observées pendant les périodes d'excitation de l'aimant ne diffère de la moyenne observée dans les autres périodes que de 0,05 mm. min^{-1}, correspondant à une variation des rayons γ de quelques dix-millième seulement.

Nous pouvons donc, pour résumer notre communication, affirmer qu'un champ magnétique de 45,200 Gauss ne fait pas varier de un millième la production des rayons γ.

Ce qui reste à faire encore dans ce domaine, c'est d'atteindre une sensibilité plus grande, capable en tous cas de déceler une variation relative égale à celle qu'éprouve la fréquence dans le phénomène de Zeeman. La sensibilité nécessaire est du reste presque atteinte. Puis il y aurait encore à étudier avec le même soin l'influence de la pression sur le radium et peut-être aussi l'effet d'un courant électrique traversant un corps métallique radioactif.

M. Paul-L. Mercanton (Lausanne). — *Variations de température par déformation élastique.* (Une expérience de cours.)

Edlund (1865) a utilisé pour mesurer l'équivalent mécanique de la calorie le refroidissement et le réchauffement d'un fil métallique soumis à une traction élastique brusque, puis relâché. La thermodynamique établit, en effet, entre la variation de la température T et la variation de la charge du fil P, dans une opération adiabatique, la relation ci-après:

$$\Delta T = -\frac{T}{E} \cdot \frac{\alpha}{C} \cdot \frac{1}{m_l} \Delta P$$

où T est la température absolue, m_l la masse par unité de lon-

de Bronson: Les variations de température et de pression atmosphérique produisent ainsi le même effet sur les deux chambres d'ionisation et par ce fait se compensent, ce qui ne serait pas le cas avec l'usage des rayons α du polonium ou avec le quartz piézoélectrique. L'emploi de rayons pénétrant nécessite un écran imperméable (6 cm de plomb) pour préserver l'autre chambre d'ionisation.

gueur du fil, α son coefficient de dilatation et C sa chaleur spécifique sous effort constant, enfin E l'équivalent. La variation de température est de sens tel qu'elle s'oppose à la continuation de la déformation.

Le dispositif d'Edlund ne se prête pas à la démonstration dans un cours; son principe mériterait pourtant d'être mis en évidence devant un auditoire; je crois y être parvenu de la manière suivante : la flexion d'une lame élastique entraîne, de part et d'autre, la surface des fibres neutres, des déformations de signes contraires et croissant avec la distance à cette surface; les fibres étirées se refroidissent, les fibres comprimées se réchauffent, par exemple. Les deux faces de la lame présentent ainsi une différence de température décelable par des procédés un peu sensibles. J'ai imaginé de former sur ces faces les deux soudures d'un couple thermoélectrique. Vous avez le dispositif sous les yeux : une simple lame de fleuret cassée et pincée dans cet étau par sa soie ; sur deux de ses faces et en regard l'un de l'autre, deux bouts de fil de nickel sont soudés; ces tiges sont reliées directement à ce galvanomètre de grande sensibilité et de faible résistance. Un peu d'ouate les isole thermiquement de l'extérieur. Quand je fléchis la lame dans le plan des soudures, l'une s'échauffe, l'autre se refroidit; le galvanomètre marque une élongation, puis revient au zéro, la différence de température s'effaçant graduellement.

Pour une flexion inverse, c'est le contraire qui a lieu. Quand la flexion se fait dans le plan perpendiculaire à la ligne des soudures, l'écart des températures restant nul, le galvanomètre ne bouge pas.

Dans les mêmes conditions, une barre d'invar dont le coefficient de dilatation est négligeable ne montrerait pratiquement rien. Pour l'acier trempé ordinaire, sous une contrainte de quelque 8000 kg. par cm^2, l'écart des températures serait de l'ordre de 1° centigrade.

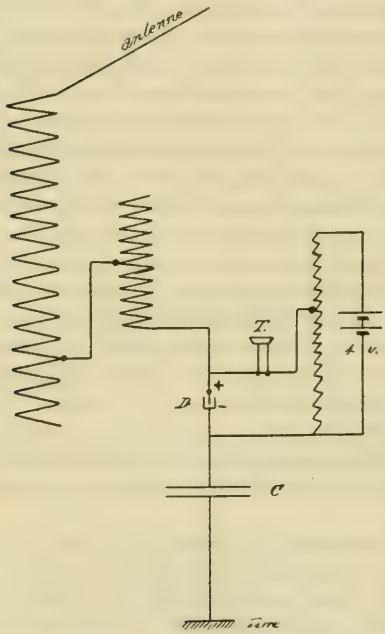
On ferait voir pareillement qu'une torsion engendre un refroidissement des portions périphériques de la barre. Il suffirait qu'une des soudures fût placée de façon à ne pas prendre part à la torsion. Il faudrait cependant choisir un métal non magnétique pour éviter l'effet perturbateur de la force électromotrice de sens variable avec la torsion que celle-ci engendre dans les tiges aimantées (Zehnder) effet susceptible de masquer l'effet thermoélectrique attendu.

M. Paul-L. Mercanton. — *Réception à Lausanne des signaux horaires de la Tour Eiffel.*

Le poste radiotélégraphique militaire de la Tour Eiffel à Paris envoie chaque jour, à minuit et onze heures du matin, deux séries

de signaux horaires de grande portée (4000 km.); chaque série se compose de trois pointés: la première série coïncide avec 0 h. 0 m., 0 h. 2 m., 0 h. 4 m.; la deuxième série coïncide avec 11 h. 0 m., 11 h. 2 m., 11 h. 4 m., exactement; ces pointés sont effectués automatiquement par l'Observatoire de Paris; ils sont toujours précédés de signaux avertisseurs donnés à la main.

Aidé de M. Jules Meystre, étudiant ingénieur, j'ai pu recevoir ces signaux en utilisant comme antenne un fil jusque-là sans emploi et tendu entre les beffrois de la cathédrale de Lausanne et de l'hôtel de ville où le poste a été installé. Le montage est du type dit à action directe. L'antenne aérienne, longue de 185 m., est complétée par un solénoïde réglable et un condensateur qui la sépare de la terre. Celle-ci est prise sur une conduite d'eau; le condensateur, à air, a pour but principal de supprimer l'effet perturbateur du courant alternatif urbain; il atténue aussi les perturbations d'origine atmosphérique. Entre l'antenne et le condensateur s'intercale le détecteur électrolytique Ferrié dont la sensibilité, très grande, est réglée par un potentiomètre.



Ces variations de résistance sous l'action des ondes (2000 m.) qui le traversent engendrent des signaux sonores dans un écouteur téléphonique de haute résistance (3500 ohm). Signaux prémonitoires et pointés horaires sont perçus de jour comme de nuit à Lausanne avec une grande netteté, malgré la distance (400 km.) et la simplicité de cette installation à action directe; le poste s'est d'ailleurs montré sensible à des émissions d'étincelles musicales dont la réception exige des dispositifs bien plus soignés.

Dr E. Guillaume (Berne). — *Sur la vision binoculaire des couleurs.* — L'auteur désire rappeler l'attention sur un phénomène peu connu de l'optique physiologique. Dans la plupart des traités de physique il semble que l'on admette que deux couleurs complémentaires ne peuvent produire l'impression de blanc que si ces

couleurs excitent un même point d'une *même* rétine; là, elles mettraient en fonction les trois organes de Young-Helmholtz; l'excitation résultante serait transmise au cerveau pour produire l'impression d'une couleur unique. Or, si l'on regarde une image colorée, par exemple en mettant devant un œil un verre bleu, devant l'autre un verre rouge (couleur complémentaire), on peut voir l'image *à peu près* avec les mêmes teintes qu'à l'œil nu, pourvu toutefois — et c'est là le point important — que l'on fixe avec les deux yeux une même partie de l'image, c'est-à-dire que des «points correspondants» des rétines soient excités. Si l'on ne fixe pas un point déterminé, l'on voit alternativement bleu et rouge, et c'est ce qui avait conduit Helmholtz et d'autres physiciens à mettre en doute le mélange binoculaire des couleurs.

En résumé, si un observateur reçoit une radiation d'une certaine couleur dans un œil, une radiation d'une autre couleur sur les «points correspondants» de l'autre œil, les deux excitations sont transmises au cerveau pour produire la sensation d'une couleur unique. Il serait désirable que de nombreuses expériences établissent ce phénomène avec certitude, vu l'importance de celui-ci pour la localisation des organes de Young-Helmholtz, qu'un certain nombre de physiciens-physiologues ont cherchés sur la rétine.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 20 avril 1911

F.-A. Forel Observations météorologiques faites à Genève au XVIIIe siècle par Charles de Lubière. — Raoul Gautier. A propos de la communication de M. Forel. — Le même. La climatologie du Grand Saint-Bernard. — Arnold Pictet. Un nouvel exemple de l'hérédité des caractères acquis. — J. Carl. Sur un diplopode hermaphrodite.

M. F.-A. Forel, de Morges, présente au nom de Mme Aimée Dufour-Falquier, veuve du professeur Charles Dufour de Morges, cinq cahiers manuscrits d'*observations météorologiques faites à Genève de 1760 à 1789;* ces cahiers proviennent des papiers de Ch. Dufour, et ses héritiers en font don à l'Observatoire de Genève.

Ces cahiers sont dus à Charles-Benjamin de Langes, baron de Lubières, membre du Conseil des CC de Genève, né en 1714, décédé le 1er juin 1790 à Genève. Il était fils de François de Langes de Montmirail, gouverneur d'Orange puis de Neuchâtel, reçu bourgeois de Genève en 1703, et de Marie Calandrini; il avait épousé en 1760 Olympe Camp. Il est mort sans enfants.

Les observations météorologiques ont été faites au lieu de sa résidence, en hiver à Genève, rue Beauregard, en été à Saconnex. Lubières avait des attaches au Grand-Saconnex, où la famille de sa grand'mère maternelle, née Julie de Pelissari, possédait une terre, aujourd'hui propriété Pasteur; plus tard, en 1768, Charles de Lubières acheta une propriété au Petit-Saconnex, à l'angle des chemins du Bouchet et du Marais, près de ce qui est aujourd'hui l'Asile des Vieillards.

Les observations comprennent entre autres : des lectures du thermomètre, deux fois par jour, du baromètre, de la girouette, de l'hygromètre, la caractéristique du temps et de ses accidents aux différentes heures de la journée, la pluie, la neige, l'évaporation, des notes phénologiques, des notes sur tous les phénomènes actuels locaux et généraux.

M. Raoul Gautier, directeur de l'Observatoire, remercie M. le prof. F.-A. Forel de ce qu'il vient de dire. L'Observatoire est très reconnaissant à Madame Charles Dufour et à M. Forel du beau don qu'ils font à notre institut astronomique et météorologique. L'observatoire possède déjà, pour le XVIIIe siècle, quelques documents importants au point de vue météorologique, dans les registres manuscrits de Jaques-André Mallet, de Marc-Auguste Pictet et de Frédéric-Guillaume Maurice. Ces documents joints aux observations déjà imprimées dans le *Journal de Genève* de 1787 à 1791 et dans les *Ephemerides Societatis meteorologicæ Palatinæ* de 1782 à 1789 fournissaient des données intéressantes au point de vue de la *pluie* jusqu'en 1782 en arrière, avec une lacune. La série de 30 ans des observations de Charles de Lubières comble la lacune et permettra de reculer cette série en arrière, peut-être jusqu'en 1770. C'est donc un précieux accroissement pour les archives météorologiques de Genève.

M. Raoul Gautier fait une communication sur la *Climatologie du Grand Saint-Bernard.* Les observations météorologiques qui se font dans cette station élevée ont commencé au mois de septembre 1817 au moyen d'instruments qui y ont été installés à cette date par M.-A. Pictet. Elles n'ont pas cessé depuis lors et ont toujours paru dans les cahiers mensuels des *Archives*, par les soins de l'Observatoire de Genève, qui s'occupe actuellement, depuis plusieurs années, à traiter l'ensemble de ces observations en vue d'une climatologie complète de cette station.

M. Gautier a déjà publié quelques aperçus de ce travail, relatifs à la température et aux précipitations [1].

Il expose à la Société les graphiques relatifs à ces éléments et d'autres relatifs à la pression atmosphérique et à la nébulosité, en opposant les courbes moyennes de Genève (Observatoire) et du St-Bernard. On y constate aisément les différences que produit la différence de hauteur à notre latitude. La cuvette du baromètre du St-Bernard est à 2476 m., celle de l'Observatoire de Genève à 405 m.

M. Arnold Pictet. *Un nouvel exemple de l'hérédité des caractères acquis.*

Nous avons signalé précédemment [1] deux exemples de l'hérédité des caractères acquis chez les lépidoptères.

Voici un nouvel exemple, que mettent en évidence les récentes

[1] *Neuvième Congrès international de Géographie.* Compte rendu des travaux. Tome II, p. 348 et p. 466.

[1] Voir *Archives des Sc. phys. et nat.* 4e pér., vol. XXVIII, p. 504, et *Verhandl. der Schweiz. Naturforsch. Gesellsch.*, 93, Jahresvers. Basel. 1910, vol. I. p. 272.

expériences que nous avons entreprises à l'Institut de zoologie de l'Université de Genève, et qui montre encore la facilité avec laquelle une habitude nouvellement acquise à une espèce, peut se transmettre par hérédité, à la génération suivante.

Nous sommes parvenus, en 1910, à accoutumer des chenilles de *Lasiocampa quercus* (nourriture normale : Chêne, Rosacées, etc.) à consommer des aiguilles de Sapin. Les chenilles de toute une ponte (150 environ) sont divisées en deux lots d'égale quantité ; les individus de l'un de ces lots sont nourris d'*Evonymus japonicus* et considérés comme témoins. Disons, en passant, que les chenilles qui ont coutume de se nourrir de feuilles *plates* entament celles-ci par le bord latéral en se fixant elles-mêmes à la tige ou à une branche voisine. L'écartement des mandibules des larves de lépidoptères est calculé pour l'épaisseur des feuilles et ne peut pas dépasser une certaine limite.

Les individus du 2e lot sont placés, dès la troisième mue, en présence d'aiguilles de Sapin, à l'exclusion de toute autre essence végétale. Pour consommer ces aiguilles, les chenilles agissent tout d'abord comme si elles se trouvaient en présence de feuilles *plates* et essaient de les entamer par le côté ; mais leurs mandibules ne peuvent donner assez d'écartement pour cela, en sorte que nos bestioles s'épuisent rapidement en de vains efforts. Cependant, plusieurs d'entre elles, en montant le long des aiguilles, arrivent à conduire leur tête au sommet de celles-ci, qui est cônique, plus mince que le reste et, par conséquent, mieux approprié à l'écartement de leurs pièces buccales. Une fois que le sommet de l'aiguille a été mangé, il leur est facile de creuser dans l'épaisseur de celle-ci et c'est de cette façon que les chenilles arrivent à se nourrir. Voici donc le caractère nouvellement acquis, qui consiste, pour les individus de nos expériences, *à entamer les aiguilles de haut en bas et à les creuser,* alors que leurs congénères, dans leur vie habituelle, *entament les feuilles par le côté et les mordent.*

Voyons comment se comporteront les chenilles de la seconde génération, c'est-à-dire celles qui sont issues de parents adaptés au Sapin, une fois qu'elles se retrouveront dans les conditions normales, en présence de feuilles d'*Evonymus.*

Il est manifeste qu'elles ne se rendent pas bien compte de la façon dont elles doivent s'y prendre pour ronger les feuilles de cet arbuste et qu'elles cherchent à les entamer par le sommet. Et, comme les larves de cette seconde génération sont chétives, la mortalité est assez élevée ; une vingtaine seulement arrivent à s'adapter à nouveau au régime avec des feuilles *plates*, montrant ainsi qu'elles sont revenues, quoique avec difficulté, au mode habituel de l'espèce. Mais, trois de ces chenilles ont tout particulièrement de la peine à se nourrir ; suivons-les donc attenti-

vement dans les efforts qu'elles font pour cela. Après avoir essayé, en vain, d'une feuille, nous les voyons passer à une seconde, puis à une troisième et se reposer un instant. Ensuite, elles recommencent les mêmes essais, arrivant à peine à ingérer quelque mince parcelle d'épiderme foliaire, pour devoir se reposer à nouveau. Enfin, elles se promènent activement dans l'éleveuse et le long des branchages. L'une d'elles, au hasard de sa promenade, grimpe le long d'une petite branche et en atteint le sommet qui est légèrement pointu, nu et dépourvu de feuilles ; puis, elle se met *à entamer le sommet de cette branche de haut en bas et à creuser dans l'intérieur de celle-ci,* de la même façon que ses parents avaient pris l'habitude de consommer les aiguilles de Sapin. Les deux autres chenilles font de même.

Ainsi donc, des larves de *Lasiocampa quercus* ont dû prendre, pour l'ingestion de leur alimentation, une habitude nouvelle, et cette habitude se transmet, dans les conditions que nous venons de décrire, à trois de leurs descendants sur vingt.

Lors de celles de nos expériences qui eurent pour résultat l'adaptation des chenilles d'*Ocneria dispar* à la nourriture avec des aiguilles de Conifères, les difficultés qu'ont éprouvées ces chenilles ont été plus grandes que celles éprouvées par les *Lasiocampa quercus* dans les mêmes circonstances ; le 75 % des *Ocneria dispar* mis à ce régime, n'ont pas réussi à s'y accoutumer et ont péri. Mais, ce qui montre que l'habitude acquise par nécessité peut se transmettre aux descendants, c'est le fait que les *Ocneria dispar* de la seconde génération se sont mises, très facilement et presque sans hésitation, à entamer les aiguilles par leur sommet, en sorte que la mortalité a été presque nulle. Dans ce cas, le caractère acquis est manifestement transmis.

Du reste, des exemples de ce genre sont fréquents dans la lépidoptérologie expérimentale, principalement en ce qui concerne l'alimentation des larves. Nous savons, en effet, d'après les résultats d'expériences antérieures, que les chenilles de lépidoptères ont souvent de la peine à se nourrir de feuilles qui ne sont pas celles que consomme l'espèce habituellement. Cette adaptation se manifeste par un ralentissement dans la croissance et une diminution de taille des larves, et, corrélativement, par un nanisme accentué et la pâleur des papillons. Or, si le régime nouveau est continué aux individus de la génération suivante, on observe fréquemment que ces caractères d'infériorité tendent à disparaître dans bien des cas ; à la 3e ou 4e génération déjà, les larves ne sont plus gênées par le régime nouveau, et l'adaptation peut être considérée comme faite. Cela nous montre encore que ces individus héritent de leurs parents l'habitude nouvelle que ceux-ci ont été forcés de prendre et, aussi, qu'ils la perfectionnent.

Dr J. Carl. *Sur un Diplopode hermaphrodite.*

En étudiant la riche collection de Diplopodes rapportée de la Colombie par M. le prof. O. Fuhrmann j'ai pu constater chez un Polydesmide du genre *Euryurus (E. tœnia* Pet.) une anomalie rare et digne d'être signalée.

Cet exemplaire porte sur le septième segment, antérieurement, du côté gauche, une patte ambulatoire normale et du côté droit une patte copulatrice de la forme caractéristique pour l'espèce. Karsch[1] avait déjà observé cette anomalie chez la même espèce, sur un des exemplaires ayant servi à la description de Peters. Mais n'ayant pas disséqué l'animal il ne put trancher la question de savoir s'il s'agissait d'un arrêt de développement chez un ♂ ou d'un exemple de véritable hermaphroditisme.

En désarticulant l'exemplaire récolté par M. Fuhrmann nous avons constaté qu'il contenait un très grand nombre d'œufs. Il possède aussi des vulves comme les ♀ normales et représente donc une femelle à hermaphroditisme extérieur partiel.

Une anomalie tout à fait analogue a été observée par Broelemann[2] chez un autre Polydesmide, *Aphelidesmus hermaphroditus* Bröl. Le genre *Aphelidesmus* est très voisin de *Euryurus* et habite aussi la Colombie. Ceci éveille l'idée que certains groupes de Diplopodes pourraient être plus disposés au hermaphroditisme que d'autres ou que certaines régions favoriseraient l'apparition de cette anomalie.

Ces trois observations pourraient encore être invoquées pour prouver l'homologie des pattes copulatrices avec les pattes ambulatoires si les données de la morphologie comparée n'en fournissaient pas à elles seules déjà des preuves suffisantes.

[1] Zum Studium der Myriopoda Polydesmia. *Archiv für Naturgeschichte.* Bd. XLVII. 1881, p. 44, 45, fig. 29.

[2] Myriapodes du Haut et Bas Sarare. *Annales Soc. entom. de France,* vol. LXVII, 1898, p. 324, 325. Pl. 28, fig. 9. Brœlemann ne semble pas avoir eu connaissance de la note de Karsch.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 11 janvier 1911

Maurice Lugeon. Carte géologique des Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. — A. Rapin. Maladie de l'acier. — J. Amann. A propos de la communication de M. Rapin. — F.-A. Forel. Origine des poissons dans les eaux suisses. — J. Amann. Platine chauffante pour le microscope.

M. Maurice Lugeon présente une *carte géologique des Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander.*

Cette carte au 1 : 50 000 a été levée de 1897 à 1909. Elle est publiée par la Commission géologique suisse aux frais de la Confédération. En quelques mots, l'auteur de ce travail montre l'intérêt que peut présenter, au point de vue tectonique et stratigraphique, le territoire étudié qui est d'environ 800 kilomètres carrés. Sept cents jours de travail ont été nécessaires pour mener à chef cette œuvre. Un mémoire explicatif du territoire de la carte est en cours de rédaction. Il sera accompagné de nombreux panoramas colorés géologiquement. M. Lugeon profite de l'occasion pour remercier toutes les personnes qui l'ont secouru pendant son travail : MM. Welti, ingénieur; Dr F. Jaccard; Dr E. Argand; M. Allorge, Miss Andrews, etc.

A propos du travail de M. Lugeon, M. F. Jaccard demande que le comité étudie s'il n'y aurait pas lieu de faire entoiler les cartes qu'elle reçoit et de les conserver dans les bibliothèques des périodiques à la disposition des membres.

M. A. Rapin : *Maladie de l'acier.* M. le Dr Amann, dans ses conclusions d'expertise sur un câble de funiculaire suisse qui s'était rompu après 10 ans de service, a attribué la rupture à un phénomène physique provoqué par une corrosion chimique de l'acier. Le câble était corrodé sur les parties directement en contact avec la jute de remplissage, et M. Amann a attribué cette corrosion à un peu de sciure de bois humide dont on avait saupoudré

le câble pour l'empêcher de glisser sur les poulies. Nous avons, l'un et l'autre, constaté la présence de l'acide acétique dans la jute.

Je ne suis pas de l'avis de M. Amann, qui fait dériver cet acide de la sciure de bois. Depuis quand la cellulose brute du bois contient-elle de l'acide acétique? Ce dernier s'obtient par distillation pyrogénée du bois ou par fermentation de la cellulose.

En admettant ici qu'il y ait pu y avoir fermentation de la sciure, comment se fait-il que cet acide provenant de l'extérieur n'ait pas laissé sur son passage des traces de corrosion? On ne constatait, comme je l'ai dit, que l'acier n'était attaqué que sur les parties directement en contact avec la jute de remplissage. Du reste, ni l'acide, ni la sciure de bois n'auraient pu pénétrer de l'extérieur à l'intérieur, à cause des couches de matières grasses dont était imprégné le câble. La sciure de bois n'a donc, à mon avis, joué aucun rôle dans la corrosion interne du câble. Elle est due, d'après moi, au goudron de bois dont on a imperméabilisé la jute. Les goudrons de bois ont une réaction acide due à la présence d'un certain nombre d'acides organiques dont l'acide acétique est le principal. Pour les débarrasser de ces acides, les usiniers les soumettent à un chauffage dans l'air ou dans le vide. Dans le cas qui nous occupe, la corrosion interne est due à un goudron de bois insuffisamment chauffé.

M. Amann a cru y voir, en outre, un phénomène physique analogue à celui que M. E. Cohen appelle « maladie de l'écrouissage ». Je ne suis pas d'accord sur ce point non plus. Il s'est produit un phénomène purement chimique et non physique. Du reste, le mot « maladie des métaux » est un bluff, et l'on explique par là des phénomènes connus depuis longtemps : Le passage des métaux par différents états allotropiques. Le câble a donc été affaibli par une corrosion chimique interne due au goudron de bois utilisé pour l'imperméabilisation de la jute, et s'est rompu sous l'influence d'une tension exagérée due à un défaut dans la jointure de deux rails.

Il ne me semble donc pas nécessaire de faire intervenir une nouvelle théorie très à la mode pour expliquer un phénomène chimique et mécanique des plus simples.

Dans la discussion qui suit, M. J. Amann déclare n'être pas d'accord avec les conclusions de M. A. Rapin. Il maintient expressément l'observation que, dans le cas en question, l'acier présentait dans la masse sous-jacente aux parties corrodées, une modification d'ordre physico-chimique qui avait profondément modifié sa structure moléculaire et avait réduit considérablement sa résistance. Le fait que la corrosion et cette altération étaient surtout

visibles dans certaines zones bien déterminées, suffit pour écarter les causes générales qui auraient agi sur le câble dans toute sa longueur.

L'hypothèse que c'est à la préparation défectueuse du goudron de bois qui a servi à imprégner la corde de jute formant l'âme du câble lors de sa fabrication, il y a plus de dix ans, qu'il faut attribuer la corrosion de celui-ci, lui paraît sinon improbable, du moins absolument gratuite, puisqu'il est impossible, aujourd'hui, de la baser sur aucun fait probant.

Quant au terme de « Maladie des métaux », il a été proposé, il y a plusieurs années déjà, par des personnes compétentes pour désigner une catégorie bien déterminée d'altérations d'ordre physico-chimique, et il n'y a pas lieu de le qualifier de bluff comme le fait M. Rapin.

M. F.-A. Forel continue l'étude de l'*origine des poissons dans les eaux suisses*, depuis l'époque glaciaire qui a anéanti la vie dans nos lacs et rivières.

Il y a trois procédés possibles d'introduction de poissons :

1° La migration active, entrée par les cours d'eau communiquant avec les eaux des pays voisins ;

2° La navigation passive, transport de germes par les oiseaux migrateurs, et spécialement les palmipèdes et les échassiers ;

3° Le peuplement artificiel, la pisciculture, qui est un fait de migration passive, voulue et effectuée par l'homme dans des intentions alimentaires.

C'est à ce dernier procédé qu'est dû le peuplement des lacs de la vallée de Joux, bassin fermé, sans communication directe avec les eaux voisines autrement que par des canaux souterrains infranchissables aux poissons. Les six espèces qui habitent les lacs de Joux, Brenet et Ter : truite, brochet, perche, lotte, vangeron et tanche, sont des poissons comestibles qui ont probablement été importés par les moines des couvents du Lieu et de l'Abbaye, au moyen âge. D'autre part, le fait que les espèces banales de la faune suisse, les espèces non comestibles ou non alimentaires, les petites espèces de poissons blancs, manquent absolument à ces lacs du Jura vaudois, prouve que la migration passive, par transport sur l'aile des palmipèdes, n'est pas d'action effective et utile, car, si elle pouvait agir, elle y serait certainement intervenue. Donc, nous pouvons éliminer la migration passive dans notre étude de l'origine des poissons des eaux suisses, et spécialement des eaux du Léman. Comme, enfin, le peuplement artificiel, intentionnel, la pisciculture de l'homme ne saurait être invoquée pour rendre compte de la faune compliquée des vingt espèces des poissons du Léman, la plupart banales et sans intérêt alimentaire, nous en

sommes réduits à faire appel uniquement à la migration active, au peuplement par les voies naturelles des canaux intercommuniquants.

Le problème est ainsi simplifié ; il n'en est pas moins difficile à résoudre.

M. J. Amann présente une nouvelle *Platine chauffante pour le microscope.* Cette platine a ceci de particulier qu'elle permet l'emploi du condenseur d'Abbé et de l'ultramicroscope, la face intérieure du porte-objet pouvant être ramenée à très peu de distance du plan de la platine du microscope. L'appareil se compose d'un corps de chauffe électrique (1,5 à 2 ampères) qui chauffe la préparation par-dessus. Une ouverture centrale, thermiquement isolée, permet l'emploi de tous les objectifs, même de ceux à distance frontale la plus faible. Cet appareil a été construit sur les données de M. J. Amann par M. Cauderay père, électricien à Lausanne.

Séance du 25 janvier

A. Burdet. Oiseaux pris dans la nature. — F.-A. Forel. Développement du village de Renens.

M. Ad. Burdet présente en projection une magnifique collection de clichés montrant des oiseaux pris dans la nature.

M. F.-A. Forel étudie le *développement du village de Renens*, point de jonction de plusieurs chemins de fer, qui devient rapidement une ville.

Les quatre communes villageoises qui forment l'agglomération urbaine de Renens, ont passé en un siècle de :

Renens . . .	*1803*	250	hab.	à *1910*	3328	hab.
Chavannes . .	»	90	»	»	1034	»
Ecublens. . .	»	413	»	»	970	»
Crissier . . .	»	354	»	»	1192	»

Les totaux se sont élevés à :

1803	1107	hab.			
1890	1785	»	accroissement annuel	12	hab.
1888	2120	»	»	12	»
1900	3245	»	»	94	»
1910	6524	»	»	328	»

Le taux d'accroissement annuel de l'ensemble des quatre communes était de 1803 à 1888 de 12 habitants. Depuis lors, il s'est plus que décuplé ; de 1888 à 1900, il a été de 94 ; de 1900 à 1901, au total de 3280, soit 328 par an.

Tout cet accroissement est dû à la gare des chemins de fer.

Etablie en 1876 comme station rurale, avec 5 ou 6 employés, elle a été transformée, vers 1895, en gare de partage pour les trains de marchandises des diverses lignes convergentes, et le nombre des employés s'est élevé à 160 en 1900, à 235 en 1910. Cet afflux d'une ou deux centaine d'employés, dont plus de la moitié sont mariés et ont famille, a attiré toute une population de petits commerçants et de petits industriels urbains. La grande industrie est pour très peu de chose dans le développement de cette ville moderne.

Séance du 1er février

F. Jaccard. Mouvements épéirogéniques dans le haut bassin du Rhône et évolution du paysage glaciaire. — Cauderay. Machine à électricité statique. — Biermann. Recensement de 1910 dans le canton de Vaud. — Galli-Valerio. Sur un Piroplasma d'Erinaceus algirus. — Le même. Précipitines. — F. Porchet. Publications concernant les vins suisses.

M. F. Jaccard présente un travail de M. E. Romer : *Mouvements épéirogéniques dans le haut bassin du Rhône et évolution du paysage glaciaire.*

M. Cauderay présente une *machine à électricité statique* et la fait fonctionner.

M. Biermann présente quelques observations sur le *Recensement de 1910 dans le canton de Vaud.* Les chiffres provisoires seuls étant connus, on ne peut faire que des constatations d'une portée générale sans entrer dans tous les détails.

Le canton de Vaud accuse de 1900 à 1910 une augmentation de 34.000 habitants environ, qui ne se répartit pas également sur tout le canton. Le Jura, si l'on en défalque Vallorbe, recule même considérablement; la diminution est surtout notable à Ste-Croix, où il faut probablement l'attribuer à la crise horlogère. Le plateau subjurassien, limité par l'Orbe, la Venoge et la Côte, se dépeuple aussi, à l'exception d'Orbe; la vallée de la Broye, le Gros de Vaud suivent le même mouvement; dans les Alpes, Leysin cèle par l'étendue de son accroissement, le déclin de ses alentours. La plaine de l'Orbe, le Jorat, le Vully sont à peu près stationnaires. Ainsi, l'W. et le N. du canton, où l'agriculture est la principale ressource, présentent le phénomène de la « dépopulation des campagnes » que l'on signale dans tous les pays de l'Europe. Le maximum de déplacement se rencontre dans l'extrême nord, au Vully et dans la contrée de Grandson, tous deux pays de vignobles; enfin, au S.-W., dans le district d'Aubonne.

Quelques localités doivent à de florissantes industries de faire

exception. Ce sont : Vallorbe, Orbe, Chavornay, Yverdon, qui jalonnent la vallée de l'Orbe; la Sarraz et Penthalaz au voisinage de la Venoge; Lucens et Payerne, sur la Broye. Toutes sont au bénéfice d'excellentes communications par chemins de fer; Orbe qui est seule desservie par un chemin de fer routier a eu la sagesse de le construire à voie normale. Les voies étroites n'ont pas réussi à galvaniser les contrées qu'elles desservent.

La même loi fait sentir ses effets dans la vallée du Rhône où les localités industrielles de Roche, Aigle et Bex démontrent, par leur accroissement, les avantages de la position au bord d'un chemin de fer.

Il reste les « pays en bordure du Léman ». Ils comprennent deux types différents; le vignoble proprement dit se dépeuple, à l'égal du pays agricole du nord du canton, et en proportion directe de l'extension de la monoculture; quelques localités en voie d'accroissement y font également tache; l'extrême S.-W. : Mies, Tannay, Founex, qui rentrent dans la zone d'attraction de Genève, Nyon; Gland, où s'est établi un sanatorium; Rolle, Étoy et Lavigny, dont les infirmeries spéciales se développent; Morges.

L'autre type est représenté par Lausanne et par Vevey-Montreux.

Lausanne a augmenté de 37 à 38 %; cette augmentation considérable ne se retrouve dans aucun autre des chefs-lieux de cantons suisses; il faut sans doute l'attribuer à sa situation si favorable au croisement de plusieurs lignes internationales et à l'afflux d'étrangers attirés par la beauté du pays. La population de Lausanne ne vit pas tout entière en ville, elle a débordé sur les communes voisines, Lutry, Paudex, Pully, le Mont, Prilly, Jouxtens, dont l'augmentation atteint jusqu'à 50 % pendant ces dix dernières années. En arrière de ces localités, principalement au sud du Jorat et aux bords de la Venoge, une seconde série de communes doivent leur développement à la proximité du marché de Lausanne, où elles écoulent aisément leurs produits maraîchers et agricoles. Enfin, Bussigny et Renens jouent le rôle de faubourgs industriels de Lausanne et s'accroissent d'une manière notable : Bussigny a augmenté de 30 %; Renens, ou mieux Renens-Gare est à cheval sur quatre communes, Renens, Chavannes, Ecublens et Crissier, mais n'en englobe pas toute la population. En lui attribuant toute l'augmentation constatée depuis 1870, date à partir de laquelle s'est fondée la « gare de triage », germe de la nouvelle ville, on comptait à Renens-Gare 1400 habitants en 1900. Une enquête y a relevé 2500 habitants en 1907. Le recensement de 1910 lui accorde plus de 4600 habitants. L'augmentation est donc de 231 %.

Si cette agglomération cristallisée autour de Lausanne ne présente pas partout les caractères d'une ville, loin de là même, le

chiffre de sa population, plus de 80.000 habitants, et surtout l'importance de son développement depuis 1900, 23.000 habitants, soit le 40 %, témoignent de la tendance à une formation réellement urbaine.

Lausanne et sa banlieue absorbent à elles seules les deux tiers de l'augmentation totale du canton.

De Vevey, ou plutôt de Corsier à Veytaux, s'étend une ville, à laquelle les Allemands donneraient, à juste titre, le nom de « Strassenstadt ». Elle groupe 37.000 habitants, en augmentation de 7500 habitants (25 %) sur 1900. Les tramways, les chemins de fer à voie étroite, les funiculaires rattachent à cette agglomération tout ou partie des communes voisines, de Chardonne à Villeneuve, ce qui donne à l'ensemble plus de 43.000 habitants.

L'augmentation de Vevey-Montreux et des autres points d'attraction de la « ceinture du Léman » achève d'expliquer l'augmentation du canton.

Le mouvement de la population de 1900 à 1910 permet donc de distinguer deux parties dans le canton de Vaud : le nord, agricole, voit s'effectuer une concentration de la population dans quelques villes favorisées ; le sud compte actuellement plus de la moitié de la population du canton, 160.000 habitants sur 315.000.

La prédominance de la zone lémanique était due autrefois à l'importance d'un vaste vignoble, qui bénéficiait de la douceur du climat et de la réverbération du Léman. C'est encore le ciel et le lac qui, par leur beauté, attirent les étrangers et font comprendre le développement de l'industrie hôtelière dans cette contrée privilégiée.

M. Galli-Valerio. — *Sur un Piroplasma d'Erinaceus algirus.* — Au courant du mois de janvier 1911, M. Weiss m'a envoyé de l'île de Djerba (Tunisie) des porte-objets avec des frottis de sang d'*E. algirus.* Ces frottis, colorés au Gienisa, m'ont permis de constater que, dans un certain nombre de globules rouges, la présence d'hémosporidies, isolées ou au nombre de 2-3, le plus souvent en forme d'anneau, parfois presque en forme de poire. Leur protoplasma se colore en azur, le karyosome en rouge. Je considère ces hémosporidies comme appartenant au genre *Piroplasma*, et très probablement analogues ou identiques à *P. ninense*, trouvé en 1909 par Yosimoff chez *E. europaeus* en Russie, *Piroplasma* qui n'a plus été signalé par aucun observateur.

Précipitines du sérum et de l'œuf des oiseaux et des chéloniens. — Dans une communication à la Société vaudoise des sciences naturelles, le 24 janvier 1910, j'ai démontré le rôle important des précipitines dans la classification zoologique. Je présente

aujourd'hui quelques éprouvettes qui, par le procédé des précipitines, démontrent le rapprochement des oiseaux et des chéloniens.

M. le Dr F. Porchet remet à la bibliothèque deux publications auxquelles la division de chimie de la Station viticole a collaboré.

Le catalogue des vignobles suisses et des désignations commerciales des crus, édité par la Société suisse des chimistes analystes, est divisé en deux parties. La première renferme la liste des communes viticoles suisses, groupées par cantons, avec l'indication pour chacune d'elles, de la superficie de leur vignoble. En regard se trouve la liste des désignations, d'origine cadastrale, utilisées dans le commerce pour caractériser les produits de ce vignoble.

La seconde partie est constituée par un index alphabétique des noms des communes viticoles et noms de crus du vignoble suisse. Des numéros d'ordre renvoient pour renseignement à la première partie.

D'après ce catalogue, le vignoble suisse est réparti actuellement sur 768 communes de 19 cantons, où il occupe au total 26.190 hectares (Vaud 6380 hect.). Il a été recueilli 1303 désignations commerciales dont 398 s'appliquent à des vins vaudois.

M. Porchet présente ensuite le dixième fascicule de la *Statistique analytique des vins suisses, récolte 1909* [1], élaborée également par la Société suisse des chimistes-analytistes.

On sait que la récolte de 1909 fut extrêmement médiocre comme qualité. L'année eut des gelées tardives, puis se continua par un régime pluvieux et froid qui devait se renouveler en 1910. Malgré ces circonstances défavorables, la récolte a été examinée sous la forme de 561 échantillons de vins suisses, dont 134 fournis par le canton de Vaud. Les statistiques dressées constituent aujourd'hui une source de documentation qui permet au contrôle des denrées alimentaires de sévir contre les imitations, tout au moins contre celles qui ne sont pas trop savamment préparées.

Les analyses de 1909 font ressortir les grandes variations possibles dans la composition chimique de nos vins. Ceux-ci sont en quelque sorte des enregistreurs et des totaliseurs des circonstances météorologiques de l'année; nos régimes climatériques, souvent si divers d'un canton à l'autre, expliquent ces variations.

La statistique analytique des vins suisses de 1909 met en évidence deux types de vins anormaux; ce sont les vins trop acides par rapport à leur richesse alcoolique, puis, au contraire, ceux qui sont anormalement doux.

[1] *Travaux de chimie alimentaire et d'Hygiène* publié par le service sanitaire fédéral. Vol. 1, fasc. 4, 1910.

1° *Vins acides.* — En 1909, dans beaucoup de vignobles, les ceps avaient déjà subi une poussée assez forte quand la dernière gelée survint; il se produisit une seconde sortie de bourgeons fructifères, dont certains arrivèrent à une quasi-maturité. Il y eut pour ainsi dire deux récoltes : celle des grappes qui avaient échappé à la gelée et celle des grappes qui avaient poussé depuis. Les premières étaient d'une qualité normale avec une teneur en sucre assez élevée, mais les moûts produits par ces grappes furent acidifiés par le produit des secondes grappes, restées vertes ou riches en acide tartrique libre. Il en résulte un vin alcoolique, mais très acide, et par conséquent anormal.

On trouve en effet dans beaucoup de vins 1909 une somme alcool + acide, plus élevée que celle constatée ordinairement.

2° *Vins doux.* — Alors que la plupart des vignobles suisses souffraient en 1909 d'un été froid et humide, deux régions, le Valais et les Grisons, ont bénéficié d'une sécheresse qui les a avantagées considérablement au point de vue de la production. La récolte du Valais a été à peu près normale comme quantité et remarquable en qualité.

Certains crûs valaisans ont présenté des teneurs alcooliques très élevées. La statistique suisse enregistre un vin d'Arvine atteignant en effet 15.8 % d'alcool, alors que le 13 % est considéré chez nous comme très élevé. Le maximum atteint par le fendant est 14.2 %.

Le district vaudois limitrophe a bénéficié un peu des circonstances qui favorisèrent le Valais. Un vin d'Yvorne a donné du 13.6 %, et la moyenne de la région d'Aigle est supérieure à celle des autres régions vaudoises. Le district d'Aigle — avec 24 hectolitres à l'hectare — est le seul qui ait pu couvrir en bonne partie ses frais de culture.

Séance du 1er mars

C. Buhrer. Observations actinométriques faites à Clarens en 1910. — F.-A. Forel. Etudes sismologiques en Suisse. — E. Argand. Sur la répartition des roches vertes mésozoïques dans les Alpes Pennines.

M. C. Buhrer. *Observations actinométriques faites à Clarens en 1910.* — Ces observations, commencées en 1895 avec le regretté professeur H. Dufour, ont été poursuivies en 1910, autant que la clémence du ciel le permettait. L'appareil est un actinomètre Crova, étalonné par M. Crova lui-même; ses indications sont ramenées à l'instrument Angström de l'Université de Lausanne.

Les moyennes obtenues entre 11 heures et 1 heure sont :

Janvier	1.235	calorie	(2	observations)
Février	1.209	»	6	»
Mars	1.249	»	6	»

Avril	1.467	calorie	(4 observations).	
Mai	1.210	»	9	»
Juin	1.349	»	7	»
Juillet	1.362	»	3	»
Août	1.388	»	7	»
Septembre.	1.245	»	3	»
Octobre	1.318	»	5	»
Novembre	1.140	»	4	»
Décembre	1.203	»	4	»

Les moyennes par saisons sont:

Hiver.	1.216	calorie
Printemps	1.309	»
Eté	1.366	»
Automne	1.236	»

Le maximum absolu est de 1.584 calorie, observé le 20 octobre, à 1 h.05.

Le 19 mai, à 1 h. après midi, au moment du passage de la terre dans le prolongement de la comète de Halley, le ciel n'était pas trop serein. Une observation actinométrique faite à ce moment a donné 0.878 calorie, tandis que le 15 mai, à la même heure, j'ai trouvé 1.330 et le 20 mai 1.536 calorie.

Dans les mois de décembre 1909 et janvier 1910, M. Mutrux a fait des observations actinométriques avec un appareil identique, à la clinique Rollier, à Leysin (altitude 1263 m.). Il est intéressant de les comparer avec celles de la plaine. Voici les moyennes trouvées par M. Mutrux, les 6, 7 et 8 janvier 1910 :

A	9.47 heures	1.250	calorie
	10.35 »	1.381	»
	11.05 »	1.427	»
	11.32 »	1.463	»
	11.45 »	1.439	»
	12.05 »	1.481	»
	12.37 »	1.480	»
	1.07 »	1.504	»
	1.37 »	1.506	»
	2.10 »	1.448	»
	2.40 »	1.368	»
	3.15 »	1.220	»

Pour les mêmes heures d'observation, nous avons ainsi 0.231 calorie par minute et centimètre carré de plus à Leysin qu'à Clarens.

M. F.-A. Forel fait l'histoire des études sismologiques en Suisse, depuis les catalogues de P. Merian, 1834, et d'O. Volger, 1856-1858, jusqu'à la création de la commission sismologique de

la Société helvétique des Sciences naturelles, 1878, son agrégation à l'Association sismologique internationale, 1903, et la construction de l'observatoire sismologique de Degenried, sur le Zürichberg, Zurich, 1911.

Cet institut de Degenried enregistrera, nous l'espérons, à l'aide d'un sismographe horizontal Mainka, à deux composantes, et d'un sismographe vertical Wiechert, toutes les secousses dépassant l'intensité IV de l'échelle décimale de Rossi-Forel, dans le rayon local de 250 km. qui dépassera les frontières extrêmes de la Suisse. Mais il est important que l'on n'interrompe en rien la collection des observations directes que les populations de la Suisse ont pris l'habitude, dans les trente dernières années, de nous adresser si obligeamment ; les observations dites macrosismiques sont nécessaires pour contrôler, localiser, préciser et compléter les observations mécaniques des sismographes, et pour faire rendre à celles-ci toute leur utilité aux points de vue scientifique et économique. Nous invitons donc le grand public à continuer l'envoi de toutes les observations, quelconques, sur les tremblements de terre à M. Ch. Bührer, pharmacien, à Clarens, représentant dans le canton de Vaud de la Commission sismologique suisse.

M. Emile Argand. *Sur la répartition des roches vertes mésozoïques dans les Alpes Pennines avant la formation des grands plis couchés.* — En 1906, j'ai montré [1] qu'il convenait, pour étudier l'ancienne répartition des faciès dans les Alpes Pennines, de procéder au déroulement des grands plis couchés qui existent dans cette région. Les «pietre verdi» sont fort rares dans le substructum mésozoïque de la nappe IV (zone du Val-Ferret), et elles n'atteignent qu'un développement modeste dans les parties extérieures de la couverture normale IV (parties basses de la zone du Combin). Plus en dedans du profil déroulé, elles prennent une grande importance et vont jusqu'à constituer une bonne partie, souvent même la majeure part du Mésozoïque à faciès piémontais [2]. C'est ainsi qu'elles prédominent de beaucoup sur les calcschistes et leurs intercalations sédimentogènes dans les branches [3] d'Anzasca et d'Antrona, de même que dans la cuillère de Bognanco du synclinal IV-V.

Le déroulement de cet ensemble montre qu'il correspond aux parties les plus internes de la couverture mésozoïque IV et au flanc renversé V. Dans la couverture mésozoïque de cette dernière

[1] C.-R. Acad. sc., 26 mars 1906.

[2] Au sens de M. S. Franchi.

[3] Emile Argand. *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux.* Matér. Carte géol. Suisse, nouv. sér., XXXI, août 1910.

nappe, les roches vertes se maintiennent fort abondantes au long de la branche de Saas et tout autour de la retombée périclinale du flanc normal du Mont-Rose jusque vers Alagna et le Val Olocchia sur Bannio. Il en est de même dans le flanc renversé VI du groupe supérieur de la zone du Combin. On ne peut, actuellement, rien affirmer de l'extension possible des roches vertes dans la couverture mésozoïque du lambeau de recouvrement de la Dent-Blanche, car dans cette couverture, représentée par un fragment restreint au Mont-Dolin (Arolla), je n'ai trouvé jusqu'ici aucune trace de pietre verdi.

On peut donc admettre que les roches vertes atteignent leur développement favori dans ce qui est maintenant le flanc renversé VI, l'enveloppe de V et la partie la plus interne du flanc normal IV, et qu'elles vont en se raréfiant vers les régions plus externes du profil déroulé.

Aucune relation ne semble exister entre la présence ou la quantité de ces roches vertes et l'intensité du métamorphisme régional. Les variations de ces deux phénomènes sont indépendantes, en sorte qu'on ne saurait voir dans le premier la cause du second. Il s'agit bien plutôt, comme le montrent en particulier mes recherches sur les prasinites zoïsitiques du flanc renversé VI, en accord essentiel avec les résultats de M. S. Franchi, de roches éruptives basiques qui ont subi le métamorphisme régional en même temps que les couches sédimentaires où elles sont intercalées.

J'ai déjà, en février 1906, précisé à quel type appartiennent les nappes reconnues en 1905, par MM. Lugeon et Argand, dans les Alpes Pennines et Graies. J'annonçais, en effet, que «les Alpes cristallines de la zone du Piémont, entre les vallées du Tessin et de l'Arc, sont formées par l'empilement de très grands plis couchés»[1].

[1] Emile Argand. *Sur la tectonique du massif de la Dent-Blanche*, C. R. Acad. sc., 26 février 1906.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Francesco Grassi. Magnetismo e elettricità. Principi ed applicazioni esposti elementarmente. Quarta edizione rinnovata ed accresciuta con 398 figure e 6 tavole fuori testo. Milano. Ulrico Hoepli. 1911.

Le fait que ce 1100me volume de la collection des *Manuels Hoepli* est à sa 4me édition, montre que ce traité a atteint son but qui est d'instruire les personnes qui désirent connaître les applications si nombreuses, si disparates et importantes de l'électricité, tout en étant complètement profanes aux études relatives à cette nouvelle et grande branche des connaissances. Nous avons constaté que l'auteur a introduit dans cette 4me édition les modifications imposées par les récents progrès de cette science qui marche avec une rapidité surprenante et qui élargit de plus en plus son champ. Dans les limites consenties par le caractère tout à fait élémentaire de ce traité il rend compte de l'état actuel, autant de nos connaissances sur les faits nouveaux mis en lumière par la découverte de la radioactivité, que des nombreuses et très variées applications de l'électricité, avec un résumé historique, mis au point jusqu'aux plus récents perfectionnements, de la télégraphie sans fil ou radiotélégraphie ainsi que de la radiotéléphonie. Le succès ne pouvait manquer à ce manuel, le nom du savant professeur Grassi étant très favorablement connu, pour ses importants travaux, en Italie et à l'étranger. Th. T.

Paul Gruner. Kurzes Lehrbuch der Radioaktivität. 2te vermehrte Auflage. A. Francke, Bern 1911.

Nous tenons à signaler à nos lecteurs la récente apparition d'une deuxième édition de l'excellent traité de radioactivité du savant professeur de physique théorique à l'Université de Berne. Le meilleur éloge que nous en pussions faire était de reproduire en traduction française, comme nous le faisons plus haut, un des principaux chapitres de ce livre [1].

[1] Voir plus haut, p. 509.

CHIMIE

Analyse des travaux de chimie faits en Suisse

O. Baudisch. Assimilation des nitrates et des nitrites (*Berichte d. D. Chem. Ges.*, t. 44, p. 1009 ; Zurich. Laboratoire de Chimie de l'Université).

On avait peu de données jusqu'à présent sur l'assimilation des nitrates dans les plantes vertes, mais il est cependant très probable, d'après les recherches les plus récentes, qu'elle a lieu par formation intermédiaire des nitrites.

La réduction des nitrates en nitrites a été constatée au point de vue purement chimique, sous l'influence de la lumière d'une lampe à mercure.

M. Baudisch avait observé, l'année dernière déjà, qu'une solution de nitrate de potasse dégage lentement de l'oxygène lorsqu'elle est soumise à la lumière diffuse et ses travaux sur l'assimilation des nitrates et des nitrites étaient basés sur l'idée que le groupe nitrosyle :

$$=N-OH \quad \text{ou} \quad >N\begin{cases}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown H\end{cases}$$

doit jouer un rôle aussi important que le groupe aldéhyde :

$$C\begin{cases}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown H\end{cases}$$

Or l'auteur a maintenant constaté que le groupe nitrosyle peut en effet prendre naissance par l'action de la lumière sur les nitrates ou sur les nitrites. Si par exemple l'on expose à la lumière du jour, une solution aqueuse de nitrite de potassium, additionnée d'alcool méthylique en excès, il y a au bout de peu de temps dégagement d'oxygène qui oxyde l'alcool en formaldéhyde, puis celle-ci, à l'état naissant, réagit avec le nitrosyle-potassium pour donner un acide qui a pu être identifié avec l'acide formhydroxamique :

$$\begin{array}{l} CH^3 \\ | \\ OH \end{array} + KNO^2 = \begin{array}{l} \diagup H \\ C = NOK \\ | \\ OH \end{array} + H^2O$$

Les recherches dont il est question dans ce mémoire et qui présentent un grand intérêt au point de vue de la chimie végétale, conduisent l'auteur à supposer dès à présent, que l'assimilation des nitrates et des nitrites, dans les parties vertes des plantes soumises à l'action de la lumière, est un phénomène photochimique, supposition qui exige cependant une vérification expérimentale.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1911

Janvier

1. Amann (J.). Ultramikroskopische Beobachtungen. Lausanne. — *Zeitschr. Kolloide* **8.** 11.
2. Arragon (Ch.). Un nouveau facteur pour la qualification des poivres. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **49.** 46.
3. Berthoud (A.). Sur l'impossibilité de surchauffer un solide. Neuchâtel. — *Bull. de la Soc. neuch. des Sc. nat.* **37.** 144.
4. Besson (A. A.). Zur Frage des Milchsäureanhydrids. Basel. — *Chem.-Zeitung* **35.** 26.
5. Briner (E.) et Wroczynski (A.). Réactions chimiques dans les systèmes gazeux fortement comprimés. Genève. Lab. de ch. techn. et théor. de l'Univ. — *J. ch. phys.* **9.** 105.
6. Bürgi (Emil). Allgemeine Bemerkungen zu meinen die Wirkung von Arzneikombinationen betreffenden Arbeiten. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exp. Pathol.* **8.** 523.
7. Burmann (James). Etude sur les guanylthiurées hexasubstituées. Neuchâtel. — *Bull. de la Soc. neuch. des Sc. nat.* **37.** 171.
8. Burmann (James). Variations annuelles des teneurs en principes actifs de quelques plantes médicinales. Aigle. Lab. de la Zyma. — *J. suisse de chimie* **49.** 6.
9. Fichter (Fr.). Ueber die kapillarelektrische Fällung positiver Kolloide. Basel. Anorg. Abt. der chem. Anstalt der Univ. — *Zeitschr. Kolloide* **8.** 1.
10. Fiechter (A.). Ueber eine Darstellung von tintenbildenden Körpern aus Benzolderivaten. Basel. — *Chem.-Zeitg.* **35.** 115.
11. Fürstenberg (Isaak). Ueber mehrkernige Metallammoniake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).
12. Gazarian (G. Ter). Sur la densité du gaz hydrogène phosphoré et sur le poids atomique du phosphore. Genève. — *J. ch. phys.* **9.** 101.

13. Grumell (Ernest S.). Observations comparées entre la vitesse des réactions et la fluidité du milieu. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* **9.** 143.

14. Heussler (Paul). Ueber den Einfluss der Constitution auf das Drehungsvermögen optisch-activer Substanzen. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

15. Herzenberg (Roman). Weitere Untersuchungen über die Wirkungen von Narkotica-Antipyretica-Kombinationen. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exper. Pathol.* **8.** 576.

16. Jantsch (G.) und Wigdorow (S.). Zur Kenntnis der Doppelnitrate der seltenen Erden mit den Alkalielementen. Zürich. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **69.** 221.

17. Jaquerod (A.) et Tourpaïan (M.). Application du principe d'Archimède à la détermination exacte des densités gazeuses. Neuchâtel. Lab. de physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **31.** 20,

18. Katzenelson (Dina). Ueber die Wirkung gleichzeitig gegebener Narkotica der Fettreihe bei subcutaner Injektion. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exp. Pathol.* **8.** 555.

19. Kowalsky (J. de) et Dzierzbicki (J. de). Influence des groupements fonctionnels sur le spectre de phosphorescence progressive. Fribourg. — *Comptes rendus* **152.** 83.

20. Kowarski (Salomon). Beitrag zur Kenntnis der Benz-Imidazole und Benz-Oxazole und deren Azo-Farbstoffderivate. *Dissert.* Zürich (Dr Kym).

21. Lomonosow (Sophie). Ueber die Beeinflussung der Wirkung narkotischer Medikamente durch Antipyretica. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exper. Pathol.* **8.** 566.

22. Majima (Riko). Zur Kenntnis der Oxydation von Anilin. Zürich und London. — *Berichte* **44.** 229.

23. Ohl (Alexander). Zur Kenntnis des Dysprosiums. *Dissert.* Zürich (Dr Jantsch).

24. Oswald (Adolf). Gewinnung von 3,5-Dijodtyrosin aus Jodeiweiss. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **70.** 310.

25. Patzevitch (Raphaël). Sur les carbinols aromatiques tertiaires et leur condensation avec le pyrrol. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

26. Reverdin (Frédéric). Action de l'acide sulfurique concentré sur quelques nitramines aromatiques. Dérivés de la méthylaniline, de la méthyl-p-anisidine et des méthyltoluidines. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **9.** 43.

27. Reverdin (Fr.). Einwirkung konzentrierter Schwefelsäure auf einige aromatische Nitramine. Genf. Org.-chem. Lab. der Univ. — *J. prakt. Ch.* **83.** 163.

28. Reverdin (Frédéric) et Luc (Armand de). Nitration comparative de quelques amines aromatiques mono- et diacylées. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **31.** 46.

29. Saradschian (Alexander). Ueber die gegenseitige pharmakologische Beeinflussung zweier Narkotica der Fettreihe bei intravenöser Injektion. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exper. Pathol.* **8.** 523.

30. Tcharviani et Wunder. Sur la séparation du fer, du chrome et de l'aluminium. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **16.** 1.

31. Treadwell (F. P.), Chimie analytique. Analyse qualitative. Trad. de S. Goscinny. Zürich.

32. Walter (Johann). Einige Notizen über Dimethylanilin und dessen Derivate. Genf. — *Zeitschr. Farbenindustrie* **10.** 17. 33.

33. Walter (Johann). Ueber das Verhalten der Cellulosenitrate zu Dimethylanilin. Genf. — *Zeitschr. angew. Ch.* **24.** 62.

34. Welti (Ernst J.). Ueber Ol-Metallammoniake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

35. Zeelen (Victorie). Ueber die Wirkung kombinierter Opiumalkaloide. Bern. Med.-chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. exper. Pathol.* **8.** 586.

Février

36. Bœdecker (Erwin). Ueber Komplexverbindungen von Glykolen mit Metallsalzen. *Dissert.* Zürich (Dr Grün).

37. Ephraim (Fritz) und Lasocki (Eduard). Ueber Nitro-sulfamid und Sulfohydrazid. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 395.

38. Ephraim (Fritz) und Piotrowski (Henryk). Ueber die Einwirkung von Schwefeldioxyd auf Ammoniak. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 379.

39. Ephraim (Fritz) und Piotrowski (Henryk). Ueber die Einwirkung von Schwefel und schwefelhaltigen Verbindungen auf Hydrazin. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 386.

40. Eriksson (Ella). Bestimmung des Glycyrrhizins und der Zuckerarten im Süssholzpulver und Süssholzextrakt. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **249.** 144.

41. Ferrario (Enos). Studio della reazione di Grignard. Sintesi del fluorane. Ginevra. Lab. di chimica organica e inorganica. — *Gazz. chim.* **41.** (1) 1.

42. Hilditch (Thomas Percy). The relative effect of ethylenic and acetylenic linkings on optical rotatory power. London, University College and Genève, Lab. de ch. théorique de l'Univ. — *J. chem. Soc.* **99.** 218.

43. Porchet. Deux types anormaux de vins 1909 de la Suisse romande. Lausanne. — *J. suisse de chimie* **49.** 63.

44. Proske (Heinrich). Ueber die Reaktionsfähigkeit von ω-Bromstyrol und 1-Phenyl-3-brompropan gegen Magnesium und einige Kondensationsprodukte. *Dissert.* Basel (Prof. Rupe).

45. Reichinstein (D.). Die Belastungsfähigkeit der galvanischen Elemente. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* **17.** 85.

46. Rohner (Franz). Ueber die Oxydation von Jod mit Ozon. Hydroderivate des Chindolins. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

47. Romanoff (Nicolas). Recherches synthétiques sur quelques dérivés aromatiques de l'acide propionique. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

48. Schulze (E.). Studien über die Proteinbildung in reifenden Pflanzensamen. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **71.** 31.

49. Toggenburg (F.). Eine abgekürzte Methode zur Erkennung verschiedener Glassorten. Zürich. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 105.

50. Tschudi (H. Aegidius). Zur Kenntnis der Walden'sche Umkehrung. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

51. Tykociner (Aline). Etude sur l'électrolyse du chlorure de potassium dans un appareil à diaphragme. *Thèse.* Genève (Prof. Guye).

52. Verda (A.). Action des vapeurs d'alcool sur les feuilles de tabac. Chiasso. — *J. suisse de chimie* **49.** 108.

Mars

53. Amann (J.). Etudes ultramicroscopiques. Lausanne. — *Journ. suisse de chimie* **49.** 137.

54. Amann (J.). Etude ultramicroscopique des solutions de l'iode. Lausanne. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* **47.** 1.

55. Bach (A.). Zur Kenntnis der Reduktionsfermente. Ueber das Schardinger-Enzym (Perhydridase). Genf. Privatlab. — *Biochem. Zeitschr.* **31.** 443.

56. Battelli (F.) und Stern (L.). Die Oxydation der Citronen-, Apfel- und Fumarsäure durch Tiergewebe. Genf. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* **31.** 478.

57. Besson (A. A.). Die Bestimmung der wasserbindenden Kraft im Mehl. Basel. Lab. des Verbandes schweiz. Konsumvereine. — *Chem.-Zeitung* **35.** 245.

58. Brun (Albert). Recherches sur l'exhalaison volcanique. Genève.

59. Burmann (James). Du titrage physiologique des préparations de digitale d'après la méthode de Focke. Aigle. — *Revue méd. de la Suisse romande* **31.** 162.

60. Cloetta (M.). Untersuchungen über das Verhalten der Antimonpräparate im Körper und die Angewöhnung an dieselben. Zürich. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* **64.** 352.

61. Cloetta (M.). Ueber Angewöhnung an Atropin. Zürich. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* **64.** 427.

62. Ephraim (Fritz). Versuche zur Darstellung optisch aktiver Phosphorverbindungen. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **44.** 631.

63. Huber (Max). Untersuchungen über Dinaphthylmethan und Dinaphthofluoren. *Dissert.* Zürich (Dr Schmidlin).

64. Jæggi (O.) und Thomann (J.). Zur Katalase-Bestimmung der Milch. Bern. — *Schweiz. Wochenschr.* **49.** 129. 145.

65. Jappou (Mera). Sur quelques dérivés du benzoyl-4-acénaphtène. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

66. Juckel (Natalie). Zur Kenntnis der Dioxychalkone. *Dissert.* Bern (Prof. Tambor).

67. Kaufmann (Adolf) und Strübin (Paul). Zur Konstitution der Pseudoammoniumbasen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 680.

68. Kaufmann (Adolf) und Strübin (Paul). Ueber Chinolin-Farbstoffe. Die Apocyanine. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **44.** 690.

69. Kesselring (Eduard). Ueber einige neue Derivate des Hydrochinons. Neue Methode zur Darstellung der Nitranilsäure. *Dissert.* Basel (Prof. Nietzki).

70. Mellet (R.). Détermination exacte de la nicotine dans les tabacs et dans les plantes vertes de Nicotiana tabacum. Lausanne. Univ. — *J. suisse de chimie* **49.** 117.

71. Nierenstein (Jakob). Ueber einige Derivate des Cumarons und des Chromans. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

72. Philippe (E.). Beiträge zur Frage der Verwendbarkeit der neueren Milchprüfungsmethoden. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **2.** 1.

73. Pictet (Amé) et Finkelstein (Marie). Synthèse de la laudanosine. Genève. — *Monit. scient.* **1911.** 172.

74. Rupe (H.) und Steinbach (A.). Ueber Curcumaöl. Synthese der γ-p-Tolyl-γ-methyl-n-buttersäure. Basel. — *Berichte* **44.** 584.

75. Sackur (Charlotte). Ueber Triamminmetallsalze. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

76. Schaffer (F.). Ueber die Anwendung der Dialyse bei der Weinuntersuchung. Bern. Lab. des schweiz. Gesundheitsamtes. — *Mitt. Lebensmittelunters.* **2.** 36.

77. Schmerkovitch (Fanny). Sur quelques dérivés du benzoyl-2-fluorène. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

78. Schulze (E.) und Pfenninger (U.). Untersuchungen über die in den Pflanzen vorkommenden Betaine. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **71.** 174.

79. Stadler (Hermann). Ueber die entwicklungshemmende Wirkung einiger organischer Stoffe in Lösung und in Dampfform. Zürich. Hygiene-Inst. der Univ. — *Arch. Hyg.* **73.** 195.

80. Walter (Johann). Einige Notizen über die zwischen aromatischen Amino- und Nitrokörpern auftretenden Färbungen. Genf. — *Zeitschr. Farbenindustrie* **10.** 49. 65.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE MAI 1911

Le 1, pluie dans la nuit et à 1 h. du soir, nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
les 2, 3, 4, rosée le matin.
le 5, pluie dans la nuit.
les 6, 7 et 8 forte bise.
7, 9, 10, 11, rosée le matin.
le 9, plusieurs orages dans l'après-midi.
12, pluie dans la nuit ; plusieurs orages et pluie dans l'après-midi.
13, pluie à 11 h. du matin.
14, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin.
15, pluie dans la nuit et depuis 7 h. du soir ; orage au S. l'après-midi.
16, pluie à 7 h. du matin ; pluie et orage à 3 h. et pluie à 7 h. et à 9 h. du soir.
17, pluie dans la nuit ; pluie et orage à 6 h. du soir ; pluie depuis 10 h. du soir.
18, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
les 19, 20 et 21, forte bise.
le 21, les dernières taches de neige ont disparu sur le Salève.
22, rosée le matin et le soir.
les 23 et 25, rosée le matin.
le 25, averse à 4 h. du soir.
27, plusieurs orages dans l'après-midi.
29, pluie dans la nuit et depuis 7 h. 40 du soir ; orage au S. à 6 h. 30.
30, orage à 7 h. du soir.
31, pluie dans la nuit.

GENÈVE — MAI 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	26.3	28.3	30.2	27.27	+ 2.32	23.1	30.5	NNE. 1	NNW. 2	NNE. 1	NNE 1	5.1	9	9	4	7	7.8	0.1	....
2	29.6	28.3	27.5	28.60	+ 3.62	27.0	30.0	NNE. 1	N. 1	N. 0	N. 1	6.5	0	1	0	1	13.3	..	...
3	28.6	27.7	27.5	27.83	+ 2.81	27.0	28.7	NNE. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	4.0	3	2	0	2	12.3	..	...
4	27.1	24.6	25.0	25.71	+ 0.65	23.7	27 6	NNE. 0	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	7.3	2	6	10	7	9.9	0.5	1
5	26.3	27.1	28.9	27.07	+ 1.97	25.5	29.2	N. 1	N. 1	NE. 1	N 1	6 9	9	10	10	10	0.0	...	...
6	29.0	28.9	29 6	29.00	+ 3.86	28.5	29.7	NNE. 1	NNE 2	NNE. 1	NNE. 2	11 9	8	6	0	4	8.3	..	....
7	28.8	27.1	26.1	27.49	+ 2.31	25.3	29.3	NW. 0	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 2	16.1	3	5	2	5	9.3	...	.. .
8	24 9	24.4	24 8	24.62	- 0.60	24.3	25.2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	18 4	10	10	2	7	4.9	...	. ..
9	23.7	22 4	23.9	23.21	- 2.05	21.7	24.3	W. 0	N. 1	N. 1	N. 1	5.4	0	3	8	4	9.3	..	....
10	24.0	22.8	23 9	23.46	- 1.85	22.5	24.0	W. 2	SW. 1	WSW. 1	SW. 1	5.0	4	4	4	5	11 1	...	....
11	23 9	23.2	23.0	23.38	- 1.97	22 4	24 0	NW. 0	SW. 1	SW. 0	SW. 1	3 8	9	8	9	9	4 1	0.3	1
12	23.4	22.9	22.9	22.89	- 2.50	21.5	23.6	S. 0	NNW. 1	NNE. 1	var.	3 1	7	4	3	5	10.1	0.7	1
13	21.0	20.6	20.6	20.87	- 4.57	19.4	23.0	WSW. 0	SSW. 0	WSW. 0	calme	1.2	6	10	7	9	4.1	1.3	1
14	21.7	21.4	22.1	21.45	- 4.03	20.7	22.4	W. 0	ENE. 1	N. 1	var	3.7	10	10	9	10	2.8	0.4	1
15	21.5	20.0	20.4	20.61	- 4.92	**18.6**	22.0	N. 1	NNE. 1	SSW. 1	N. 1	4.6	8	4	10	8	8.1	6.6	6
16	21.5	21.3	22.5	21.62	- 3.95	20.8	22.6	WSW. 0	SW. 1	NNE. 1	calme	1.4	9	8	10	9	4.5	7.6	5
17	22.4	21.5	21.1	21.75	- 3.87	20.0	22.9	SE. 0	SSW. 1	NNE. 0	var.	2.3	10	6	10	8	6.9	**11.1**	11
18	20.4	19.7	20.1	**20.25**	**- 5.41**	19.5	21.4	NNW. 1	W. 0	N. 1	NNW. 1	2.4	10	8	10	10	0.9	9.0	**13**
19	20.6	20.6	21.0	20 51	- 5.20	19.6	21.1	NNE 3	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 3	**32.1**	8	3	2	4	10.0	...	....
20	21.4	21.2	21.9	21.33	- 4.42	20.8	22.1	NNE. 2	NNE. 3	NNE 3	NNE. 3	31.1	3	8	3	5	11 9	..	....
21	23.5	23.8	24.8	23.55	- 2.25	22.1	25.0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	15 0	10	3	10	6	8.3	...	.. .
22	25.9	25.2	25 2	25.19	- 0.65	24.1	25.9	ESE. 0	N. 1	NNE 1	NNE. 1	5.9	1	1	1	1	**14.2**	...	....
23	26.4	26 4	28.5	26.71	+ 0.82	25.9	29.2	NW. 0	NNE. 1	NNE 1	NNE. 1	5.4	1	8	2	5	9.6	...	....
24	30.6	30 0	29.6	**29.85**	**+ 3.92**	29.3	**31.0**	N. 0	N. 1	NNE. 1	N. 1	5.8	10	4	2	4	10.8	...	. ...
25	28.4	26.1	24.4	26.71	+ 0.73	24.3	29.4	W. 0	N. 1	SW. 0	var.	4.2	1	3	2	3	10 6	0.6	1
26	24.0	22.5	23.4	23.15	- 2.87	21.3	24.5	WSW. 0	N. 1	N. 1	N. 1	5.0	0	2	5	3	11 4	...	....
27	26.0	25.1	27.7	25.77	- 0.30	24.9	27.8	NW. 1	NNW. 1	SE. 1	NW. 1	7.7	8	7	9	7	8.8	...	....
28	28.2	26.9	25.9	27.02	+ 0.91	25.7	28.3	WSW. 1	N. 1	N. 1	N. 1	6 3	7	3	8	7	9.9	0.2	....
29	25.5	23 7	24.6	24.63	- 1.53	22.9	25.5	NNE. 1	N 1	S. 1	N. 1	6.9	9	6	10	7	8.4	1.4	2
30	24.1	23.4	23.5	23.57	- 2.63	22.5	24 1	NNW. 1	N. 1	ENE. 1	N 1	5.2	9	8	9	7	8.5	0.3	1
31	23.9	22.8	23.9	23.44	- 2.81	22.7	24.2	E. 0	NNE 1	NNE. 1	NNE. 1	6.8	2	7	9	7	9.6	..	...
Mois	24.92	24.19	24.66	24.47	- 0.77							7.95	6.0	5.7	5.8	6.0	259.7	40.1	44

GENÈVE — MAI 1911

Jour du mois	Température							Fraction de Saturation en %							Tempér. du Rhône		Limnimètre
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Écart avec la normale	Min.	Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Écart avec la normale	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 6.3	+10.2	+ 8.9	+ **8.81**	- 2 25	+ 5.4	+13.5	88	59	65	68	- 1	35	93	7 3	- 2.8	1195
2	6.7	13.5	10.1	9.38	- 1.83	**2.8**	15.6	78	40	69	65	- 4	30	95	7.3	- 2.9	1245
3	7.8	15.0	13.2	11.26	- 0.09	4.9	18.2	80	41	62	60	- 9	**25**	89	7·8	- 2.5	1210
4	9.4	18.8	12.1	12.78	+ 1.29	5.5	20.6	73	43	59	59	-10	30	85	8.6	- 1.8	1220
5	9.3	11.8	10.6	10.48	- 1.16	8.4	13.4	85	67	76	76	+15	60	91	8.9	- 1.6	1210
6	10.0	14.6	10.4	11.47	- 0.31	8.8	16.5	76	52	72	68	- 2	49	83	9.6	- 1.1	1235
7	9.3	12.7	8.5	9.46	- 2.47	4.8	14.8	77	49	71	69	- 1	45	86	...	.....	1215
8	8.5	10.7	9.6	9 53	- **2.54**	7 7	12.9	70	66	74	72	+ 2	60	89	9.6	- 1.3	1235
9	7.6	15.3	12.2	10.90	- 1 31	3.4	19.5	80	55	74	66	- 4	41	85	10.4	- 0.6	1225
10	10.7	21.0	14.0	13 77	+ 1.41	6.4	22.0	78	33	68	62	- 8	32	85	10.2	- 0.9	1200
11	11.2	20.3	14.5	14.31	+ 1.81	8.7	21.0	84	37	66	67	- 3	35	86	10.6	- 0 6	1200
12	12.9	19.0	13 6	14 67	+ 2.03	10 5	21.0	82	49	84	70	0	45	89	11.1	- 0.2	1215
13	12.8	16.9	14.5	14.24	+ 1 46	9.5	18.5	84	64	78	75	+ 5	57	90	10.6	- 0.9	1230
14	11.5	17.5	13.0	13.06	+ 0.14	10.9	18.1	96	66	85	87	+17	64	97	....	. ...	1255
15	12.0	18.8	14 1	14.27	+ 1.20	9.8	20.2	94	43	85	78	+ 8	41	95	12.6	+ 0.9	1250
16	12.9	19 7	12.6	14.59	+ 1.38	11.7	21.4	93	56	87	84	+14	52	98	11 8	0.0	1255
17	13.1	18.2	14.6	15.05	+ 1.70	11.0	21 6	93	57	84	78	+ 8	49	97	11.6	- 0.3	1285
18	12.2	17.2	11 9	12.98	- 0.51	11.4	18.3	94	74	98	**93**	+23	73	100	11.0	- 1.1	1290
19	12.5	14.9	11.9	13.28	- 0.34	10.8	16 8	75	52	66	68	- 2	42	94	11.6	- 0.6	1350
20	9.6	13.1	11.5	11.44	- 2 32	8.0	15.6	67	54	65	63	- 7	52	82	11.4	- 0.9	1365
21	10.0	14.3	13 2	11.89	- 2.01	8.5	15.4	73	56	61	69	- 1	54	91	....	.....	1355
22	11.1	16.0	13.7	12.65	- 1.38	6.3	17.8	71	44	65	65	- 5	43	96	12.0	- 0 5	1355
23	10.8	17.2	14.2	13.11	- 1.06	6.0	19.0	70	36	60	**58**	**-12**	33	89	12.0	- 0.6	1340
24	9.5	17.0	13.8	13.06	- 1.24	7.5	19.2	81	57	86	71	+ 1	46	89	12.1	- 0.7	1340
25	14.3	20.1	16.0	15.90	+ 1.46	9.6	22.6	67	46	83	67	- 3	45	88	. .	.....	1305
26	15.2	19.5	17.5	16.90	+ 2.33	11.1	**26.5**	78	61	80	71	+ 1	32	89	13.5	+ 0 5	1325
27	16.5	23.0	16.9	18.03	+ **3.33**	14.3	25.9	72	47	70	66	- 4	42	86	15.2	+ 2 1	1335
28	14 5	20.2	18 0	17.19	+ 2.36	12.6	22.2	84	55	70	70	0	47	89	...	....	1355
29	16.1	20.8	16.1	17.80	+ 2 84	14.3	23.8	75	50	83	68	- 2	45	89	15.5	+ 2.1	1370
30	16.3	20.0	17.7	**18.15**	+ 3 06	14.4	23.5	87	62	78	75	+ 5	46	91	17.0	+ 3.5	1395
31	+15.9	+21.7	16.6	+17.55	+ 2.34	+12 8	+22.7	82	52	82	73	+ 3	45	89	17.5	+ 3.9	1415
Mois	+11.50	+17.06	+13.40	+13.48	+ 0.28	+ 8.96	+19.29	83	52	74	70	0			11.42	-0.30	1283

MOYENNES DE GENÈVE. — MAI 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.54	26.38	26.82	26.76	26.17	25.76	26.19	26.76	26.42
2e »	21.97	21.58	21.79	21.82	21.23	20.58	21.02	21.74	21.47
3e »	25.65	25.57	26.04	25.74	25.09	24.53	24.96	25.75	25.42
Mois	24.75	24.55	24.92	24.80	24.19	23.66	24.09	24.78	24.47

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 7.11	+ 6.19	+ 8.56	+12.19	+14.36	+14.92	+12.75	+10.19	+10.78
2e »	11.42	10.59	12.07	14.54	17.56	17.05	14.31	12.77	13.79
3e »	12.22	11.05	13.65	16.70	19.07	19.97	17.47	15.11	15.66
Mois	+10.31	+ 9.34	+11.50	+14.55	+17.06	+17.40	+14.93	+12.77	+13.48

Fraction de saturation en %.

1re décade	82	84	78	61	50	46	58	72	66
2e »	88	89	86	73	55	60	74	83	76
3e »	84	87	77	60	52	49	64	76	69
Mois	85	87	83	64	52	51	65	77	70

Dans ce mois l'air a été calme 188 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{144}{20} = 7.20$

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

Pression atmosphérique.....		mm 24.59
Nébulosité		5.8
Température	$\frac{7+1+9}{3}$..	+13°.99
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+13°.84
Fraction de saturation.....		70 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér..	(1836-1875).	mm 25.24
Nébulosité..	(1847-1875).	5.8
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	79mm.2
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne ...	(id.).	+13°.20
Fraction de saturat.	(1849-1875).	70%

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	60.1	49.6	45.8	44.0	25.0	23.0	59.4

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	54.8	40.1	56.0	55.0	68.9	49 0

Insolation à Jussy : 216 h. 5.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1911

Le 1, neige le matin et le soir, très forte bise.
5, neige le matin, très forte bise toute la journée.
les 6 et 7, très forte bise.
le 9, neige.
les 11, 12, 13, 14 et 21, vent violent et neige.
du 12 au 22, pluie tous les jours.
les 15, 16 et 17, fort vent.
le 18, forte bise et neige le soir.
les 19, 20, 22, 23, 27 et 31, forte bise.
le 24, violente bise.
les 21 et 22, neige le matin.
le 26, vent violent.

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1911

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	60.6	63.3	65.2	63.0	+ 0.3	60.5	65.2	NE. 1	NE. 3	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	.	....
2	64.3	65.4	65.2	65.0	+ 2.2	64.1	65.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	0.3	....
3	65.1	66.0	66.3	65.8	+ 2.9	65.0	66.4	NE. 1	NE 1	NE. 1	NE. 1	3	9	0	4	....	....
4	65.0	64.1	63.1	64.1	+ 1.1	62.9	65.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	4	10	5	8.6	**8**
5	62.5	63.8	64.8	63.7	+ 0.6	62.4	64.9	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	1.2	. . .
6	64.7	66.0	66.0	65.6	+ 2.4	64.7	66.0	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	. . .	....
7	64.0	63.4	62.1	63.2	- 0.1	61.9	65.3	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	2.9	1
8	61.5	62.4	63.5	62.4	- 1.0	61.4	63.5	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	2	10	10	7	....	....
9	62.4	62.8	64.2	63.1	- 0.4	62.3	64.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3	10	10	8	5.6	3
10	62.7	63.3	64.2	63.4	- 0.2	62.7	64.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	4	10	6	....	. . .
11	63.8	64.1	64.4	64.1	+ 0.4	63.6	64.5	SW. 1	SW. 1	NE. 3	SW. 1	10	10	10	10	....	....
12	64.0	64.7	64.5	64.4	+ 0.6	63.9	64.8	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	7.7	4
13	62.8	62.8	63.1	62.9	- 1.0	62.8	63.9	SW. 3	SW. 5	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	3.0	....
14	61.9	62.1	62.8	62.3	- 1.7	61.8	63.0	SW. 4	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	**13.5**	5
15	61.8	62.0	61.5	61.8	- 2.3	61.5	62.6	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	4	10	10	8	8.5	....
16	61.7	62.2	63.0	62.3	- 1.9	61.6	63.1	SW. 1	SW 2	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	9.6	. . .
17	62.1	62.5	61.7	62.1	- 2.2	61.6	62.8	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW 1	10	10	10	10	7.4	. . .
18	59.8	59.7	59.4	59.6	- 4.8	59.2	61.4	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	10.4	4
19	59.0	59.3	59.4	**59.2**	**- 5.3**	58.9	59.4	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	4.1	2
20	58.8	59.1	60.4	59.4	- 5.2	**58.8**	60.8	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	6	10	9	0.1	....
21	61.5	62.7	63.4	62.5	- 2.2	61.2	63.5	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	9	10	10	3.0	1
22	63.5	64.0	64.5	64.0	- 0.8	63.5	64.6	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	9	5	4	6	4.8	2
23	64.0	64.8	66.1	65.0	+ 0.1	64.0	66.9	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	8	10	9	. .	....
24	67.5	68.7	69.0	**68.4**	**+ 3.5**	67.0	**69.1**	NE. 4	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	10	10	10	....	. . .
25	68.1	67.4	67.6	67.7	+ 2.7	67.4	68.6	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	8	5	5	....	. . .
26	65.1	65.5	66.4	65.7	+ 0.6	65.0	66.6	NE. 1	SW. 4	SW. 4	SW. 4	4	10	10	8	....	....
27	66.8	67.4	68.4	67.5	+ 2.3	66.7	68.5	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	7	5	10	7	....	....
28	68.0	68.2	68.0	68.1	+ 2.8	67.6	68.2	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	5	10	10	8	....	. . .
29	66.4	66.5	66.2	66.4	+ 1.0	66.0	67.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	10	10	9	. . .	....
30	65.3	65.7	65.7	65.6	+ 0.1	65.3	65.9	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW 1	4	5	0	3	3.5	. .
31	65.1	64.8	65.2	65.0	- 0.6	64.7	65.4	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE 1	10	10	10	10	....	....
Mois	63.54	64.02	64.36	63.97	+ 0.13							7.3	8.5	8.7	8.2	94.2	30

GRAND SAINT-BERNARD — MAI 1911

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 5.4	- 2.2	- 5.8	**- 4.5**	**- 3.1**	- 7.6	+ 0.1	100	77	96	91	52	100
2	- 8.2	+ 1.2	- 3.7	- 3.6	- 2.3	**- 8.6**	5.2	74	47	76	**66**	**21**	92
3	- 3.7	2.3	- 1.8	- 1.1	0.0	- 5.2	5.4	66	60	85	71	43	94
4	- 1.1	4.8	- 0.2	+ 1.2	+ 2.2	- 2.3	8.1	61	55	99	72	33	100
5	- 2.2	0.2	- 2.2	- 1.4	- 0.5	- 2.4	4.8	96	91	99	95	65	100
6	- 3 0	+ 2.4	- 2.0	- 0.9	- 0.2	- 3.7	4.6	95	79	96	90	57	98
7	- 3.7	- 1.2	- 5.2	- 3.4	- 2.8	- 3.9	1.2	95	62	96	84	49	98
8	- 4.6	+ 2.3	- 3.2	- 1.8	- 1.4	- 6.8	4.1	61	65	96	74	50	98
9	- 2 2	0.8	- 1.5	- 1.0	- 0.7	- 2.4	3.0	74	81	97	84	56	99
10	- 2.0	4.1	+ 1.2	+ 1.1	+ 1.3	- 2.1	6.8	75	51	81	69	37	88
11	- 1.0	0.6	- 0.3	- 0.2	- 0.2	- 1.1	2.2	96	84	98	93	60	100
12	0.0	+ 0.9	+ 0.1	+ 0.3	+ 0.2	0.0	1.5	99	95	99	98	91	100
13	- 0.2	- 1.5	- 1.4	- 1.0	- 1.3	- 1.6	0.6	99	99	99	**99**	98	100
14	- 0 6	- 0.5	- 0.2	- 0.4	- 0.8	- 0.8	1.1	99	95	95	96	90	100
15	- 0.5	+ 3.0	+ 1.0	+ 1.2	+ 0.7	- 1.6	4.3	84	82	96	87	71	98
16	+ 0.8	1.1	0.0	0.6	- 0.1	0.0	2.9	97	95	95	96	73	99
17	0.0	1.0	+ 0.5	0.5	- 0.3	0.0	4.0	93	94	92	93	65	97
18	+ 0.1	2.0	0.0	0.7	- 0.2	- 0.1	3.2	95	90	96	94	77	98
19	- 0.2	2.1	- 1.6	+ 0.1	- 1.0	- 1.8	4.4	97	76	96	90	58	99
20	- 2.2	2.0	- 2.2	- 0.8	- 2.0	- 2.3	5.0	95	68	95	86	56	98
21	- 1.6	3.0	- 0.3	+ 0.4	- 0.9	- 1.8	7.2	93	62	93	83	45	97
22	- 0.2	4.8	- 0.5	1.4	0.0	- 0.7	7.1	81	50	87	73	41	94
23	- 1.2	3.4	- 0.4	0.6	- 1.0	- 1.2	4.9	94	57	93	81	43	98
24	- 1.3	2.8	+ 0.4	0.6	- 1.1	- 1.4	5.0	91	64	93	83	48	97
25	+ 3.2	9.4	3.1	5.2	+ 3.4	+ 2.0	11.3	64	50	96	70	39	99
26	3.8	2.8	1.2	2.6	+ 0.7	1.1	6.2	56	91	97	81	43	100
27	3.0	11.2	3.2	**5.8**	**+ 3.7**	1.0	**13.2**	82	47	96	75	34	98
28	3.4	7.0	3.0	4.5	+ 2.3	2 8	9.4	80	61	97	79	46	99
29	2.4	2.8	2.0	2.4	+ 0.1	2.0	3.8	74	95	87	85	58	98
30	2.1	5.0	3.4	3.5	+ 1.1	1.7	5.4	82	73	78	78	61	89
31	+ 2.8	+ 7.8	+ 2.8	+ 4.5	+ 2.0	+ 2.3	+ 9.8	87	67	92	82	47	96
Mois	- 0.76	+ 2.75	- 0.34	+ 0.55	+ 0.04	- 1.50	+ 5.01	85	74	93	84		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1911

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.28	64.05	64.46	63.93	80	67	92	80
2e »	61.57	61.85	62.02	61.81	95	88	96	93
3e »	65.57	65.97	66.41	65.98	80	65	92	79
Mois	63.54	64.02	64.36	63.97	85	74	93	84

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 3.61	+ 1.47	— 2.44	— 1.53	— 1.75
2e »	— 0.38	+ 1.07	— 0.41	+ 0.09	— 0.03
3e »	+ 1.49	+ 5.45	+ 1.63	+ 2.86	+ 2.55
Mois	— 0.76	+ 2.75	— 0.34	+ 0.55	+ 0.33

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

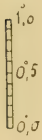
Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{90}{74} = 1.22$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
Eau en millimètres.....	12.3	29.3	54.3	94.2
Neige en centimètres.. .	—	—	—	30

Ar

Echell



mai
26-30

TEMPÉRATURES DES PENTADES DE JUIN A GENÈVE

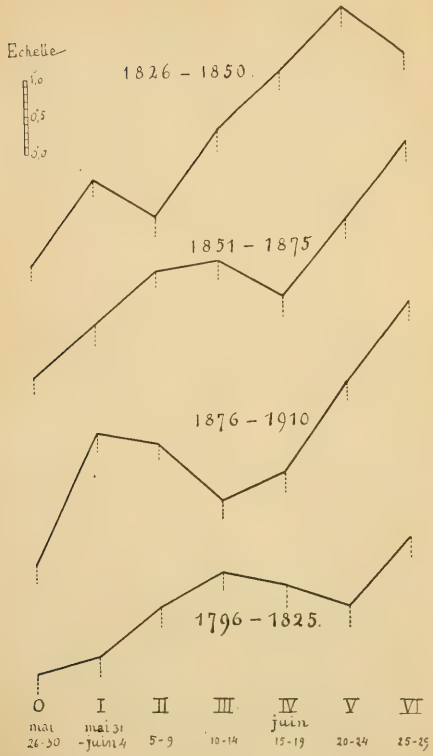


Fig. 1

Fig. 2

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME TRENTE ET UNIÈME

(4me PÉRIODE)

1911 — Nos 1 à 6

Pages

Etude de l'aimantation des corps ferromagnétiques au-dessus du point de Curie, par *Pierre Weiss* et *G. Foëx*. 5

Idem (suite et fin) 89

Application du principe d'Archimède à la détermination exacte des densités gazeuses, par *A. Jaquerod* et *M. Tourpaïan* 20

Sur la dépendance de la force de gravitation du milieu intermédiaire à travers lequel elle s'exerce, par *Th. Erismann* 36

Nitration comparative de quelques amines aromatiques mono- et diacylées, par *Frédéric Reverdin* et *Armand de Luc* 46

Le travail au microscope et l'accommodation, par *L. Brocher* 52

Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1910 56

Sur le principe de Maxwell dans l'électrodynamique de l'élément, par *L. de la Rive* 118

Pages

Sur le principe de Maxwell dans l'électrodynamique de l'élément (2e article), par *L. de la Rive* 209
Recherches et expériences de téléphonie électrique sans fil, par *Quirino Majorana* 124
Les seiches de température, par *E.-M. Wedderburn* (avec la planche I) 134
Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant l'année 1909, résumé annuel, par *R. Gautier* et *H. Duaime* 148
Sur une nouvelle détermination de la force électromotrice de l'élément Weston normal (Recherches du Prof. H. Haga et du Dr J. Boerema), par *R. de Baillehache* 185
Le platine et les gîtes platinifères de l'Oural, par *L. Duparc* 211
Idem (suite) 322
Idem (suite) 439
Idem (suite et fin) 516
Résumé météorologique de l'année 1910 pour Genève et le Grand Saint-Bernard, par *R. Gautier* 231
Idem (suite) 356
Idem (suite et fin) 457
Détermination expérimentale de la variation d'inertie des corpuscules cathodiques en fonction de la vitesse, par *C.-E. Guye* et *S. Ratnowsky* 293
Le caractère de l'exhalaison volcanique d'après M. Albert Brun, par *Ch. Sarasin* 346
Sur la rationalité des rapports des moments magnétiques moléculaires et le magnéton, par *Pierre Weiss* 401
Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant les mois de décembre 1910, janvier et février 1911 466
Les retours de froid en juin à Genève et au Grand Saint-Bernard, par *Raoul Gautier* et *Henri Duaime* 497
Le processus radioactif de transformation, par le Dr *Paul Gruner* 509
Sur le grand éboulement pléistocène de Chézery (Ain), par *Ch. Sarasin* et *X. de Tsytowitch* 536

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève

Pages

Séance du 5 janvier 1911. — Briner. Sur la formation de l'eau à partir de ses éléments..... 166

Séance générale annuelle du 19 janvier. — F. Reverdin. Rapport annuel. — Ed. Sarasin et Th. Tommasina. Constatation de quelques faits nouveaux en radioactivité induite 168

Séance du 2 février. — L. Duparc. Les gîtes platinifères de l'Oural. — G. Baume. Sur quelques essais métallographiques 372

Séance du 16 février. — L. de la Rive. Sur les équations fondamentales de l'électrodynamique. — A. Schidlof. Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement..... 373

Séance du 2 mars. — Th. Tommasina. Sur le magnéton de Weiss. 377

Séance du 16 mars. — Ed. Claparède. Introduction à l'étude du phénomène psycho-électrique. — W. Radecki. Le phénomène psycho-électrique au point de vue physique et physiologique ... 380

Séance du 6 avril. — W. Radecki. Phénomènes psychoélectriques. — A. Schidlof. Sur quelques problèmes récents de la théorie du rayonnement. — Ed. Sarasin et Th. Tommasina. Etude de l'action de la chaleur sur l'air ionisé par la radioactivité induite. 382

Séance du 20 avril. — F.-A. Forel. Observations météorologiques faites à Genève au XVIIIe siècle par Charles de Lubière. — Raoul Gautier. A propos de la communication de M. Forel. — Le même. La climatologie du Grand Saint-Bernard. — Arnold Pictet. Un nouvel exemple de l'hérédité des caractères acquis. — J. Carl. Sur un diplopode hermaphrodite..... 560

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des Sciences naturelles, à Lausanne

Séance du 18 mai 1910. — Bieler. Etude sur le ray-grass. — Pelet-Jolivet et A. Siegel. Désadsorption de la laine. — Pelet-Jolivet et G. Iliesco. Observations sur le ciment Portland. — Maurice Lugeon. Sur l'éboulement de Sierre (Valais) 63

Séance du 1er juin. — Bugnion. Collection de peaux de serpents. — Biéler-Chatelan. Rôle de la silice dans la végétation. — Le même. Constitution volumétrique des sols. — Amann. Microscope grand modèle binoculaire. — Rosselet. Recherches sur la ionisation par les rayons ultraviolets et les rayons Rœntgen. — Mercanton. Phénomènes de convection. 67

Séance du 18 juin. — Machon. L'homme et les grands mammifères dans l'extrêmité australe de l'Amérique du Sud. — Wartmann. Historique des bains de Lavey. — Maillefer. Géotropisme. — E.

Pages

Chuard et R. Mellet. Sables du Rhône. — Paul-L. Mercanton. Stabilité d'aimantation des poteries lacustres. — John Perriraz. Halo lunaire 69

Séance du 6 juillet. — Siegrist. Sur l'adsorption. — Murisier. Fonction pigmentaire chez l'alevin de la truite. — Maurice Lugeon. Fer magnétique sous forme de sable. — Perriraz. Contribution à l'étude des bourgeons 71

Séance du 19 octobre. — R. Bieler. Crâne du crocodile d'Afrique. — P.-L. Mercanton. Ecoulement du glacier inférieur d'Arolla... 265

Séance du 2 novembre. — De Wilde. Sables aurifères de quelques fleuves de l'Europe centrale. — P.-L. Mercanton. Aimantation d'un certain nombre d'échantillons de diabase. — Le même. Bois de renne et fanon de baleinoptère. — F.-A. Forel. Bois de renne. — Le même. L'iris des lacs 265

Séance du 7 décembre. — E. Wilczek. Gentiana verna. — J. Perriraz. Biologie florale des Hortensias. — F. Jaccard. Climat de la Suisse 267

Séance du 21 décembre. — J. Amann. Un cas intéressant de maladie de l'acier. — Le même. Etude ultramicroscopique des solutions de l'iode. — Le même. Bactéries de l'eau potable. — J. Perriraz. Déformation de l'ovaire des roses par un champignon. — Le même. Dalle de granit de Baveno déformée 269

Séance du 11 janvier 1911. — Maurice Lugeon. Carte géologique des Hautes-Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. — A. Rapin. Maladie de l'acier. — J. Amann. A propos de la communication de M. Rapin. — F.-A. Forel. Origine des poissons dans les eaux suisses. — J. Amann. Platine chauffante pour le microscope 565

Séance du 25 janvier. — A. Burdet. Oiseaux pris dans la nature. — F.-A. Forel. Développement du village de Renens 568

Séance du 1er février. — F. Jaccard. Mouvements épéirogéniques dans le haut bassin du Rhône et évolution du paysage glaciaire. — Cauderay. Machine à électricité statique. — Biermann. Recensement de 1910 dans le canton de Vaud — Galli-Valerio. Sur un Piroplasma d'Erinaceus algirus. — Le même. Précipitines. — F. Porchet. Publications concernant les vins suisses 569

Séance du 1er février. — Buhrer. Observations actinométriques faites à Clarens en 1910. — F.-A. Forel. Etudes sismologiques en Suisse. — E. Argand. Sur la répartition des roches vertes mésozoïques dans les Alpes Pennines 573

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles

Séance du 4 novembre 1910. — A. Berthoud. Thermodynamique et théorie cinétique des gaz 74

Pages

Séance du 2 décembre. — Fuhrmann. Voyage en Colombie. — Spinner. Phytostatique altitudinaire du canton de Neuchâtel. — Schardt. Mines romaines de la Mamice 483

Compte rendu de l'assemblée générale de la Société suisse de chimie, le 25 février 1911, à Fribourg

Partie administrative. — A. Werner. Changements de position dans l'espace chez les composés inorganiques. — A. Bistrzycki. Synthèses dans le groupe du riphénylméthane. — E. Briner. Discontinuités dans les vitesses de réactions en milieu gazeux. — J. Amann. Réactions ultra-microscopiques. — J. Schmidlin. Sur la quinhydrone. — A. Kaufmann. Sur les bases pseudo-ammonium. — G. Baume. Courbes de fusibilité des mélanges gazeux aux basses températures. — P. Pfeiffer. Phénomènes d'halochromie. — G. Gredig. Synthèses asymétriques provoquées par les catalyseurs. — E. Ferrario. Le mariène et ses dérivés. — T. v. Estreicher. Recherches calorimétriques sur le chlore aux basses températures. — K. Jablczynski. Réactions dans les systèmes hétérogènes. — Ch. Dhéré. Préparation et propriétés des protéines déminéralisées. — Dr Ciechomski. Expériences sur la fluorescence et la phosphorescence. — A. Brun. Recherches sur le volcanisme 250

Compte rendu de la séance de la Société suisse de physique tenue à Fribourg le 13 mai 1911

Henri Veillon. Notice biographique sur Ed. Hagenbach-Bischoff. — P. Weiss. Renseignements sur la publication des œuvres de Ritz. — P. Weiss. Sur la rationalité des rapports des moments magnétiques moléculaires et le magnéton. — O. Lehmann. Sur la structure des grands cristaux liquides et leur équilibre moléculaire. — E. Meyer. Sur la structure des rayons γ. — Ed. Sarasin et Th. Tommasina. Sur les phénomènes annexes à la radioctivité induite. — P. Gruner. Sur l'application de la loi de Coulomb à la théorie cinétique des gaz. — A. Gockel. Sur la corrélation qui existe entre les phénomènes du magnétisme terrestre et les courants électriques dans l'atmosphère et le sol. — Aug. Hagenbach et Heinrich Hertenstein. Etude spectroscopique de l'auréole de l'arc électrique. — René Fortrat. Sur les spectres de bandes. — Pierre Weiss et Auguste Piccard. Une limite supérieure de l'action du champ magnétique sur la radioactivité. — P.-L. Mercanton. Variation de température par déformation élastique. — P.-L. Mercanton. Réception à Lausanne des signaux horaires de la Tour Eiffel. — E. Guillaume. Sur la vision binoculaire des couleurs . . 536

Compte rendu des séances de la Société de Chimie de Genève

Pages

Séance du 11 novembre 1910. — L. Klein. Nouveau mode de formation de l'indigo. — F. Battelli et L. Stern. Oxydation de l'acide succinique par les tissus animaux. — A. Kaufmann. Colorants du groupe de la quinoline. — E. Ferrario et A. Grimm. Condensation des dinitrochlorotoluènes et du trinitrochlorotoluène avec la benzidine et la p-aminodiméthylaniline..... 473

Séance du 7 décembre. — A. Kaufmann. Décomposition des sels quaternaires de quinolinium par les alcalis. — E. Ferrario et F. Schmerkowitch. Fluorényl-diphénylcarbinol. — E. Ferrario et M. Jappou. Acénaphtyl-diphénylcarbinol. — A. Brun. Etudes volcaniques au Kilauea..... 475

Séance du 12 janvier 1911. — A. Pictet et R. Misner. Synthèses de la p-méthoxylépidine et de l'acide quininique. — F. Ferrario et N. Romanoff. Applications de la réaction de Grignard. — F. Reverdin et A. de Luc. Nitration comparée de quelques amines aromatiques mono- et diacylées. — F. Reverdin. Nitration des trois nitrobenzoyl-p-anisidines..... 476

Séance du 9 février. — A. Brun. Les verres et la cristallisation de la silice..... 478

Séance du 9 mars. — S. Reich et G. Pinczewshi. Anhydride acétomolybdique. — S. Reich et W. Schapiro. Action de l'anhydride iodique sur l'anhydride acétique. — A. Gams et A. Pictet. Synthèse de l'oxyberbérine. — A. Kaufmann. Constitution des apocyanines. — E. Ferrario et C. Kikatcheichvili. Dérivés de la phtaloyl-p-anisidine..... 479

BULLETIN SCIENTIFIQUE

MATHÉMATIQUES

A. Kneser. Les équations intégrales et leurs applications dans la physique mathématique..... 271

PHYSIQUE

Otto Lummer et *Fritz Reiche.* Théorie d'Abbe sur la formation des images dans le microscope..... 76

Max Planck. La physique moderne considérée au point de vue mécanique..... 76

Augusto Righi. Sur le potentiel nécessaire pour provoquer la décharge dans un gaz placé dans le champ magnétique. 77

P. Gruner. Exposé élémentaire de la théorie de relativité. 77

Pierre Weiss. Sur une propriété nouvelle de la molécule magnétique..... 173

Pages

Pierre Weiss. Sur la rationalité des rapports des moments magnétiques des atomes et un nouveau constituant universel de la matière 173
Karl Scheel. Bases de la métronomie pratique 272
Pierre Weiss. Sur la grandeur du magnéton déduite des coefficients d'aimantation des solutions des sels de fer .. 273
R. de Baillehache. Méthode Lippmann-Guillet, pour la détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction 391
K. Bädecker. Les phénomènes électriques dans les conducteurs métalliques 485
W. Kœnig. Réédition du traité de physique expérimentale de Lommel 487
Francesco Grassi. Magnétisme et électricité 577
Paul Gruner. Traité de radioactivité 577

GÉO-PHYSIQUE

Leonardo Ricciardi. Le séismisme, le volcanisme et la constitution géo-physique du géoïde 77

CHIMIE PHYSIQUE

W. Nernst. Traité de chimie générale; traduction de son ouvrage La chimie théorique fondée sur la règle d'Avogadro et la thermodynamique 78

CHIMIE

A. Bistrzycki et *L. Mauron.* Elimination d'oxyde de carbone des acides tertiaires qui se forment par combinaison de l'acide phényl-pyruvique avec les hydrocarbures aromatiques 79
Fr. Fichter et *W. Tamm.* Réduction électrolytique des sulfo-chlorures aromatiques 80
A. Bistrzycki et *M. Fellmann.* Une ortho-oxyaldéhyde du triphénylcarbinol 275
R. Nietzki. Sur l'acide nitranilique 276
A. Colson. Contribution à l'histoire de la chimie à propos du livre de M. Ladenburg sur l'histoire du développement de la chimie depuis Lavoisier 392
O. Baudisch. Assimilation des nitrates et des nitrites 578

Liste bibliographique des travaux de chimie faits en Suisse 277
Idem 579

OBSERVATIONS MÉTEOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

Pages

Observations météorologiques faites pendant le mois de décembre 1910 81

Observations météorologiques faites pendant le mois de janvier 1911 177

Observations météorologiques faites pendant le mois de février 1911 285

Observations météorologiques faites pendant le mois de mars 1911 303

Observations météorologiques faites pendant le mois d'avril 1911 489

Observations météorologiques faites pendant le mois de mai 1911 585

New York Botanical Garden Library
3 5185 00274 0999